

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Conception logicielle d'un pilulier interactif

Fallais, Timoté

Award date:
2019

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**UNIVERSITÉ
DE NAMUR**

FACULTÉ
D'INFORMATIQUE

Conception logicielle d'un pilulier interactif

Timoté FALLAIS

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Je voudrais tout d'abord remercier mon promoteur, le Dr. Dumas pour sa disponibilité et ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion. Mes remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant de le lire et de l'examiner.

Je remercie aussi Mr Annys, co-fondateur de Home Based, pour ses précieux conseils et sa collaboration qui m'a permis d'en apprendre plus sur le contexte.

Je suis également reconnaissant envers les différentes personnes qui ont eu la gentillesse de me recevoir et de répondre à mes questions.

Enfin, je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les membres de ma famille et mes amis qui m'ont apporté leurs encouragements tout au long de ma démarche. Un merci tout particulier à mes parents, Caroline et Amandine pour leur support et relecture lors de la rédaction.

Résumé

La polymédication touche plus de 18% des plus de 65 ans et plus de 23% des plus de 75 ans en Belgique. Avec un taux de prise de traitement de moins de 50%, la société Home Based désire mettre en place un pilulier interactif à destination de ces patients particuliers. Le but de ce travail est la construction du logiciel de ce futur appareil, celui-ci permet au patient de prendre son traitement sous forme de sachets Prescription Médicale Individuelle (PMI) où un sachet équivaut à une prise de médicaments à un moment donné. Pour cette réalisation, nous identifions les différents acteurs d'un tel pilulier ainsi que leur rôle. Puis, la construction d'une première ébauche de l'interface est testée avec les parties prenantes du projet. Ensuite un prototype sous forme d'un logiciel est construit. Après, une évaluation formative et qualitative est réalisée en face à face avec un réel public (patients polymédiqués, proches de confiance, personnes du corps médical) permettant d'améliorer le prototype.

Mots-clés : pilulier, polymédication, conception, logiciel

Abstract

Polypharmacy is used by over 18% of the over-65s and by more than 23% of the over-75s in Belgium. With a rate of less than 50% of treatment adherence, the Home Based society wants to set up an interactive pillbox for these patients. The purpose of this master thesis is the development of the software of this future device, it allows the patient to take his or her treatment in the form of individual prescribed packets, with a packet containing the medication needed at a given time. For this realization, we identify the different actors of such a pillbox as well as their role. Then, the construction of a first draft of the interface is tested with the project stakeholders. Next a prototype in the form of software is built. Afterwards, a formative and qualitative evaluation is conducted face-to-face with real people (polymedicated patients, patient's close relatives, staff members of the medical sector) allowing us to improve the prototype.

Keywords : pill dispenser, polypharmacy, design, software

Table des matières

1	Introduction	8
2	Etat de l'art	10
2.1	Explications préalables	10
2.1.1	<i>Medication scheduling specification</i>	10
2.1.2	QR Code	11
2.1.3	RFID	14
2.1.4	NFC	20
2.2	Problématique	20
2.2.1	Polymédication	20
2.2.2	Gaspillage	21
2.3	Systèmes existants	22
2.3.1	Applications smartphone	22
2.3.2	Piluliers	24
2.4	Intérêt d'un nouveau système	29
2.5	Positionnement	30
3	Conception	34
3.1	Analyse	36
3.1.1	Analyse contextuelle	36
3.1.2	Exigences	38
3.1.3	Procédures	40
3.2	Design	42
3.3	Prototype	45
3.4	Evaluation	50
3.4.1	Patients	50
3.4.2	Proche de confiance	51
3.4.3	Aide-soignant	52
3.5	Discussion	54
3.5.1	Langage	54
3.5.2	Librairie graphique	54
3.5.3	Représentation des données	54
3.5.4	Matériel	55
3.5.5	Stockage des données	56
3.5.6	Ecran	56
3.5.7	Configuration date et heure	56
3.5.8	Perspectives et travaux futurs	56
4	Conclusion	58

Chapitre 1

Introduction

La société Home Based fournit des technologies dans le but d'augmenter la qualité de vie des personnes à mobilité réduite et de leurs proches. Forte de son expérience, la société aimerait développer un nouveau logiciel pour piloter un pilulier interactif afin de distribuer les médicaments d'une nouvelle façon.

Actuellement dans certaines institutions, la délivrance de médicaments sous forme orale sèche est conditionnée en rouleaux Prescription Médicale Individuelle (PMI). Ces rouleaux regroupent en sachets les médicaments à prendre à un moment donné (par exemple, un patient qui doit prendre un Paracetamol et un Ibuprofen à 08h00 aura ces deux comprimés dans un petit sachet). L'ensemble de ces sachets sont attachés bout à bout et représente généralement une semaine de traitement.

L'objectif est de permettre aux personnes (âgées ou non) prenant plusieurs médicaments par jour de bénéficier de leur traitement avec plus de sécurité et d'autonomie.

Le processus de production, de conditionnement et de délivrance de ces PMI sur base des prescriptions médicales est déjà instauré dans le réseau de pharmacies *Familia*. En revanche aucun appareil de distribution pour le patient particulier n'existe sur le marché belge à l'heure actuelle. La création d'un tel appareil passe par le développement d'un logiciel pilotant la distribution automatisée. L'objectif de ce présent travail est la conception logicielle d'un pilulier interactif.

Pour ce faire, nous allons concevoir un programme qui pilotera un pilulier interactif distribuant les médicaments au patient sous forme de sachets PMI.

La partie conception a une méthodologie basée sur le cycle de développement du cours d'Interaction Homme/Machine (IHM) du professeur Dumas [1]. La première étape consiste en une analyse du domaine de travail pour comprendre les besoins des utilisateurs, cela a été réalisé au cours de réunions avec différents

acteurs de la filière (Familia, Vitatel, Home Based). La deuxième étape est le design du logiciel, qui a été fait sous forme de wireframes basse fidélité sur papier. La troisième étape est l'implémentation en un prototype sous forme d'un logiciel. Celui-ci a été réalisé en Java avec la librairie graphique JavaFX. La quatrième et dernière étape est une évaluation formative avec différents types d'utilisateurs en face à face permettant de récolter des données qualitatives. Celles-ci aident à former le design de l'application.

Afin de créer un tel logiciel, il est fondamental de se renseigner sur les différents concepts : *Medication Scheduling Specification* (MSS), Quick Response Code (QR Code), *Radio Frequency Identification* (RFID) et Near Field Communication (NFC) seront définis dans une première section. Les problématiques que tente de résoudre ce système seront exposées par la suite. Les applications et appareils existants seront présentés. Par après, les intérêts d'un nouveau système seront abordés. Enfin, une prise de position déterminant les technologies correspondant le mieux à certains aspects du futur logiciel sera décrite.

La partie conception abordera les différentes étapes de la création du programme. Pour commencer, une analyse du domaine de travail sera réalisée. Ensuite, une première conception d'interface traitera de l'aspect attendu du logiciel. Par après, l'implémentation en un prototype sous forme d'un logiciel sera effectuée. Puis, une évaluation formative avec différents types d'utilisateurs en face à face sera présentée. Enfin, une section discussion reprendra les choix effectués dans la réalisation du prototype. Pour terminer, quelques perspectives pour des travaux futurs et des améliorations seront explorées, suivies d'une conclusion.

Chapitre 2

Etat de l’art

Ce chapitre abordera certaines technologies/méthodologies dans un premier temps suivies de la problématique plus en détail. Après s’en suivra une présentation des systèmes existants et enfin un positionnement décrivant pourquoi les systèmes actuels ne correspondent pas parfaitement à notre cas et pourquoi le logiciel développé dans le présent travail est plus à même de répondre à nos besoins.

2.1 Explications préalables

Avant de pouvoir expliquer le fonctionnement des différents appareils, nous devons aborder quelques aspects technologiques : la *Medication Scheduling Specification*, le QR Codes, la RFID et la NFC. Ces explications comportent des aspects comme leur histoire, leurs caractéristiques et leur architecture et ont pour but de faciliter la compréhension du fonctionnement de certaines parties de systèmes que nous verrons dans la section 2.3.

2.1.1 *Medication scheduling specification*

Les explications qui suivent ont été formulées par Zao *et al* au sujet de l’application mobile *Wedjat* [2], nous parlerons du fonctionnement de l’application en elle-même plus tard.

Pour certains médicaments à prendre, il peut exister des indications qui indiquent la façon dont il faut prendre le médicament plutôt que de déterminer uniquement le moment de la prise. Avec ces informations, un patient qui aurait oublié de prendre son médicament pourrait le prendre à un autre moment, sans aucun risque. Une spécification (exemple dans la figure 2.1) peut se diviser

en trois sections, qui contiennent respectivement les paramètres de prescription, de dosage et d'interaction. Un algorithme utilise ensuite l'ensemble de ces paramètres afin de délivrer les médicaments.

Paramètres de prescription (PP)

Ces paramètres contiennent les informations essentielles d'un médicament, en ce compris son nom (M), le dosage (g), et la quantité (n) à prendre à chaque prise. On retrouve également le moment (T) auquel le patient doit le prendre.

Paramètres de dosage (DP)

Ils servent à indiquer les doses minimales et maximales qui peuvent être prises ainsi que le temps minimum et maximum entre deux doses consécutives. Cela spécifie aussi le taux de distribution (B,R), qui est le dosage maximum (B) qui peut être pris sur un intervalle de temps (R). Enfin, nous avons le taux de demande (L,P) qui est le dosage minimum (L) pris sur un intervalle de temps (P).

Paramètres d'interaction (IP)

Toute nourriture ou tout médicament (N) qui pourrait interférer avec notre substance M est listé comme un perturbateur (N). Pour chacun de ces éléments (N), il y a un temps de séparation minimum entre le médicament (M) et le perturbateur (N) et inversement.

2.1.2 QR Code

Lechevalier [3] et *Jim Soon* [4], ont défini le QR Code et en ont retracé l'histoire. Ce code nous intéresse parce qu'il pourrait servir de support de stockage contenant les informations de distributions des médicaments. Celui-ci présenterait l'avantage d'être imprimé sur le rouleau et donc de l'accompagner.

Histoire

Le Quick Response Code (QR Code) est un code en deux dimensions qui a été inventé en 1994 par Denso (une entreprise du groupe Toyota) et publié sous la norme **ISO/IEC18004** en juin 2000. Initialement, ce code 2D devait servir dans la production de pièces automobiles mais s'est rapidement développé dans d'autres domaines d'application. Parmi ceux-ci, nous retrouvons les QR codes qui renvoient vers des URL web ou des parties d'application (un code peut

<i>Prescription Parameters (PP)</i>	
Medicine Identifier	M
Medicine Dose	g
Medicine Form	Capsule/Tablet/...
Medicine Amount	n
Therapy Duration	T
<i>Dosage Parameters (DP)</i>	
Min. & Max. Dose	[dmin, dmax]
Min. & Max. Separations	[nsmin, nsmax]
Max. In-take B over Interval R	(B, R)
Min. Intake L over Interval P	(L, P)
<i>Interaction Parameters (IP) <List></i>	
Interferer Identifier	N
Min. Separation from M to N	minToInterferer
Min. Separation from N to M	minFrInterferer

FIGURE 2.1 – Exemple d'une MSS [2]

ouvrir l'application Facebook et diriger l'utilisateur vers une page précise, par exemple), ceux faisant office de titre de transport (train, bus, avion) ou encore ceux permettant de faire des paiements avec son smartphone (dans des magasins ou entre particuliers), etc.

La figure 2.2 montre l'ordre d'apparition des différents codes. Le code UPC (développé en 1970) consiste en un ensemble de 13 chiffres, permettant l'encodage automatique sur les ordinateurs (principalement utilisés dans les points de vente) lorsqu'il est scanné. Avec le code 39 (sorti en 1974), on peut encoder approximativement 30 caractères alphanumériques. Le code 16K et le code 49 (développés dans le début des années 80) peuvent stocker environ 100 caractères. Par la suite, comme la demande en stockage d'informations n'a cessé d'augmenter, le QR code est apparu. Il peut contenir 7089 chiffres ou 4296 caractères alphanumériques au maximum. Il est représenté sous la forme d'une matrice en deux dimensions qui possède les avantages suivant (voir figure 2.3) :

- la haute capacité du *PDF417*
- la haute densité d'impression du *DATA MATRIX*
- la vitesse de lecture du *MAXI CODE*

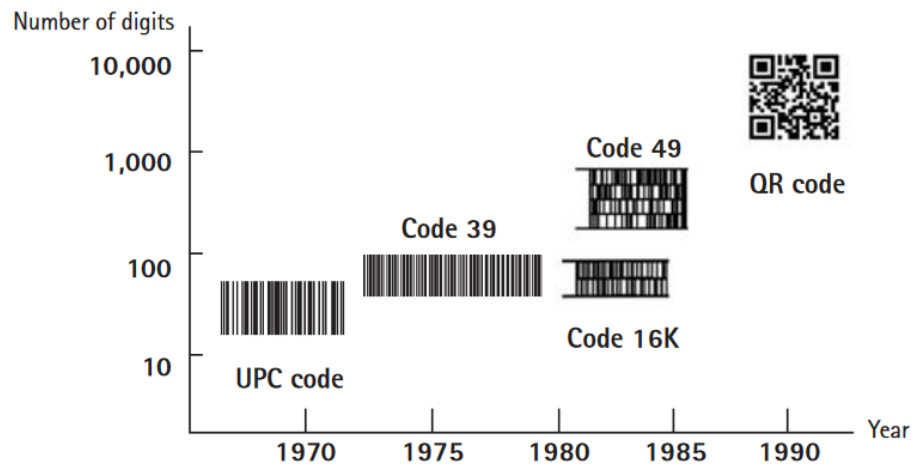


FIGURE 2.2 – Historique des symboles [4]

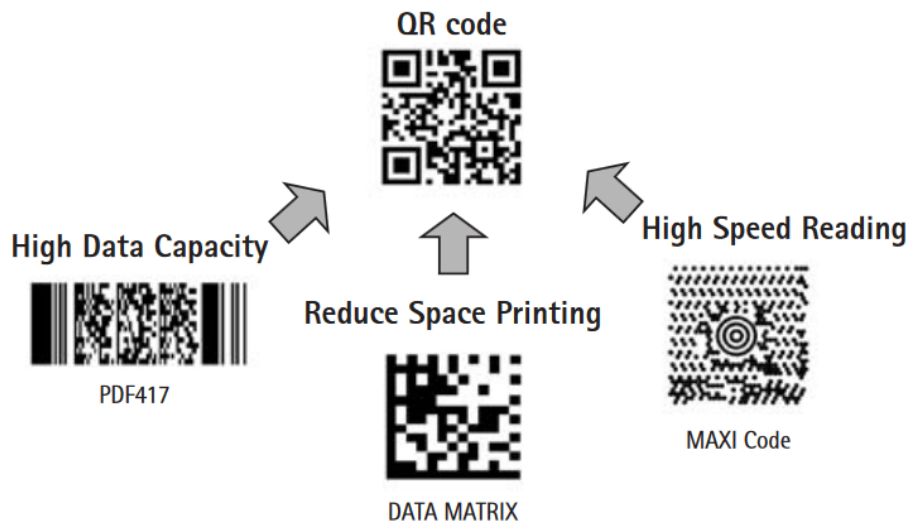


FIGURE 2.3 – Avantages du QR Code [4]

Caractéristiques

Les avantages du QR Code les plus utiles dans notre application sont présentés succinctement ci-après.

Le QR code peut être lu dans n'importe quelle direction, sans perte de vitesse. Il est constitué de patterns pour notifier sa position, ce qui le rend plus rapide en lecture que n'importe quel autre symbole sous forme de matrice.

Il est également résistant à la distorsion, lorsque par exemple il est attaché à une surface courbée et/ou que l'appareil ne lit pas le QR code à plat. Il y a des patterns d'alignement à intervalles réguliers, ce qui permet de le lire en toute tranquillité.

Si le code venait à être endommagé ou caché en partie, cela ne serait pas un problème. Il y a de la redondance dans le QR code qui lui permet d'être encore lisible après la perte d'une partie de celui-ci.

Architecture

Comme expliqué plus haut, le QR code est présenté sous la forme d'une matrice à deux dimensions, formée en un carré. Les différents éléments le composant sont visibles dans la figure 2.4, et sont décrits ci-après.

- *Finder Pattern* : pour détecter la position du QR code, avec ce pattern dans trois des coins, la taille et la position sont détectées.
- *Alignment Pattern* : un pattern pour corriger la distorsion.
- *Timing Pattern* : un pattern pour identifier les coordonnées du centre de la cellule contenant les données, lorsque le symbole est distordu.
- *Quiet Zone* : une marge nécessaire pour la lecture du code.
- *Data Area* : pour encoder/stocker les données du QR code, sous forme de nombre binaire (les 0 et 1 sont convertis en cellules blanches et noires).

2.1.3 RFID

Le contenu suivant se base sur les recherches de Martin [5], le rapport technique de l'*International Telecommunication Union* (ITU) [6], le cours d'*Internet of Things* (IoT) de Dumas [7], un article du blog *OCTO Technology* de Canuel *et al* [8] et un exposé de Belrepayre [9]. Cette technologie pourrait elle aussi servir de support de stockage pour le fichier de distribution des médicaments. Une puce RFID peut prendre la forme d'un autocollant ou bien d'une petite pièce solide. Celle-ci pourrait être collée ou ajoutée dans le dernier sachet du rouleau de la PMI du patient.

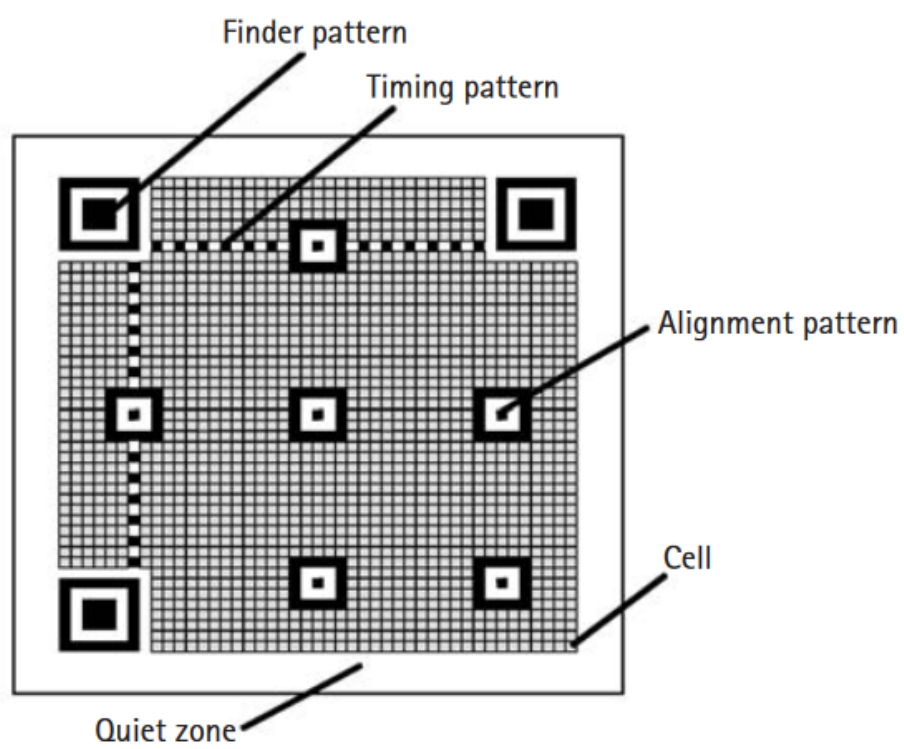


FIGURE 2.4 – Structure d'un QR Code [4]

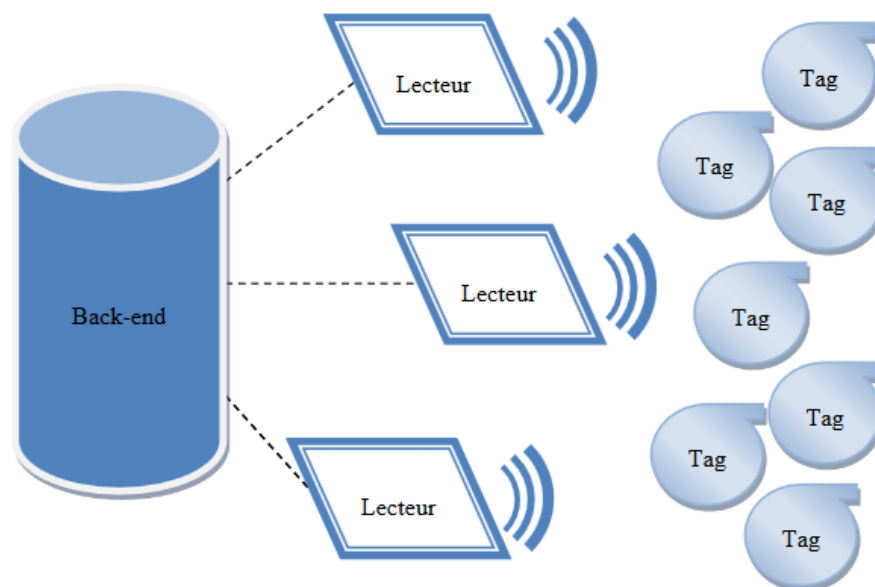


FIGURE 2.5 – Architecture de la RFID [5]

Histoire

La première fois que l'on a entendu parler de Radio Frequency Identification (RFID), c'était pendant la Seconde Guerre mondiale. Il fallait identifier les avions dans l'espace aérien pour savoir s'ils étaient alliés ou ennemis. Le système s'appelle alors Identify : Friend or Foe (IFF), c'est la première utilisation de la RFID. Le contrôle du trafic aérien actuel reste encore aujourd'hui basé sur ce principe.

Le premier brevet lié à la technologie RFID est déposé en 1969 pour l'identification des locomotives, mais son usage restera restreint jusqu'en 1979, destiné principalement à l'usage militaire pour le contrôle d'accès aux sites sensibles. Par la suite, dans les années 80, les tags RFID se développent dans le secteur privé dans les sociétés européennes et américaines. La normalisation des équipements et l'interopérabilité se feront dans les années 90. Durant les années 2000, la technologie est de plus en plus utilisée (comme pour l'identification de marchandises, d'animaux, le contrôle d'accès à des bâtiments, les cartes de transport public, etc.).

Architecture

Un système RFID classique possède trois éléments (voir figure 2.5) :

- un tag
- un lecteur
- un back-end

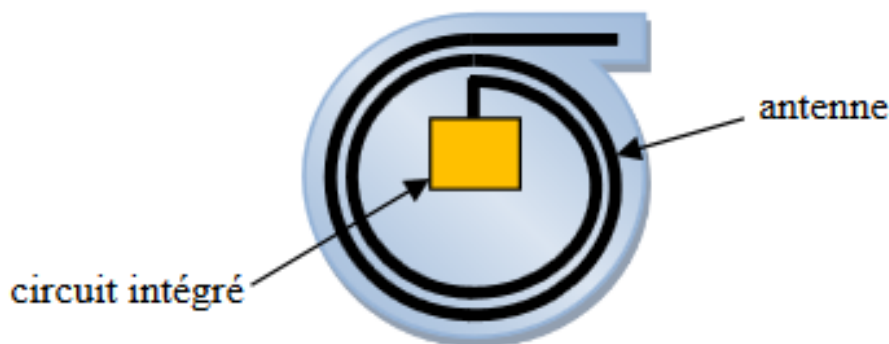


FIGURE 2.6 – Tag RFID [5]

Le tag RFID est un transpondeur (un circuit intégré relié à une antenne, voir figure 2.6), il peut se présenter sous différentes formes et tailles (voir figure 2.7). Il peut être auto alimenté, ou se fournir via le lecteur RFID. Au niveau du stockage, la mémoire peut contenir jusqu'à quelques kilo-octets.

Le lecteur RFID est un transreceveur, il fait la liaison entre le tag RFID et le back-end. Il peut lire ou écrire un tag (en fonction de celui-ci) lorsque ce dernier se retrouve dans son champ électromagnétique. Le lecteur peut être fixe ou mobile.

Le backend est le système qui va effectuer des actions en fonction du tag scanné. Par exemple, pour accéder à un bâtiment, le backend vérifiera que le tag présenté donne bien accès à l'utilisateur à la partie du bâtiment devant laquelle il se trouve et déverrouillera la porte.

Caractéristiques

Les caractéristiques sont indiquées dans la figure 2.8 et expliquées ci-dessous.

La source d'énergie est dite **active** dans le cas où le tag est alimenté par sa propre source d'énergie, **semi-passive** lorsque le tag utilise sa propre batterie pour des calculs et l'énergie émise par le lecteur pour communiquer et **passive** quand le tag est alimenté par le champ électromagnétique du lecteur (c'est le cas de la majorité des tags utilisés actuellement).

Le standard ISO/IEC 18000 définit les cinq bandes de fréquences parmi lesquelles la RFID fonctionne principalement. Il s'agit des fréquences :

- de 124 à 135 kHz (Low Frequency) : identification animale
- à 13,56 MHz (High Frequency) : paiement, contrôle d'accès
- à 433 MHz (Ultra High Frequency) : contrôle d'accès pour les parkings.
- de 860 à 960 MHz (Ultra High Frequency) : chaîne logistique.
- à 2,45 GHz (Ultra High Frequency) : péage autoroutier, identification de conteneurs

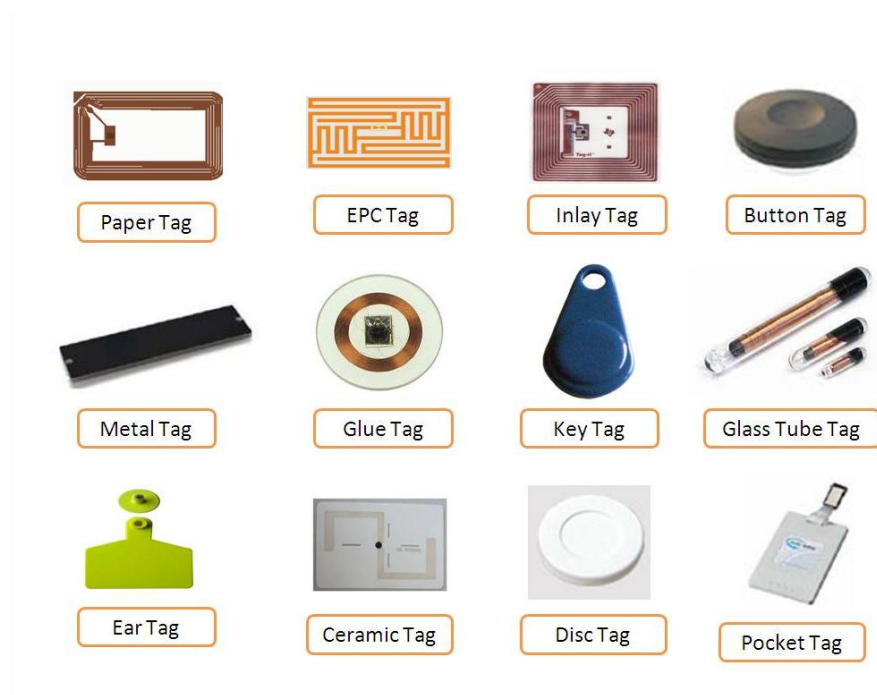


FIGURE 2.7 – Tag RFID sous différentes formes

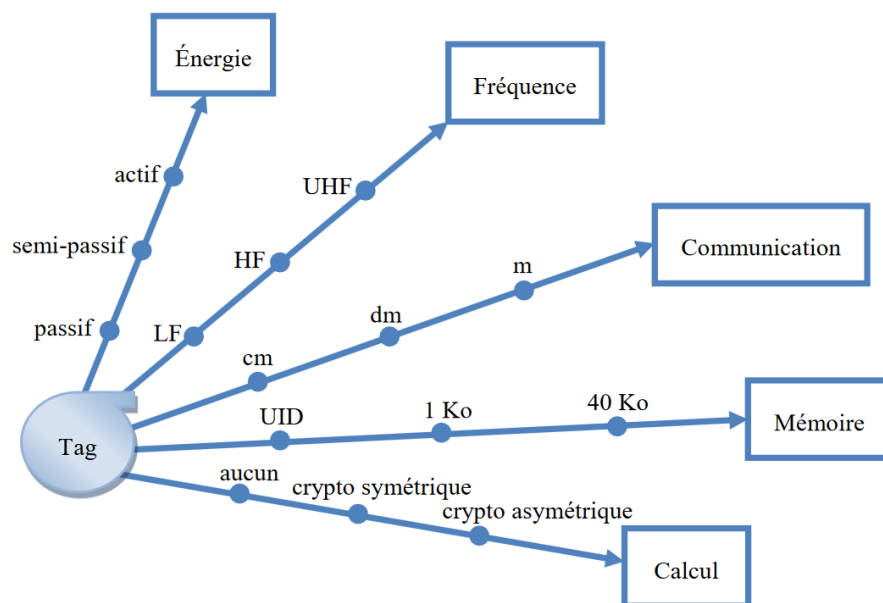


FIGURE 2.8 – Caractéristiques d'un tag RFID [5]

Application	Typical use	Frequency bands	Comments
Retail and supply chain	Inventory management and retail	860-960 MHz 13.56 MHz	Long-range with a limited computation power
Healthcare	Tracking patients	860-960 MHz 13.56 MHz LF < 135 kHz 2 450 MHz	Tracking, profiling, invisibility (ISO/IEC 18000-6B and C) (ISO/IEC 18000-3m1 and 3m3) (IEEE 802.15.4) (IEEE 802.11)
	Preventing medication errors	860-960 MHz 13.56 MHz	Tracking, profiling (ISO/IEC 18000-6B and C) (ISO/IEC 18000-3m1 and 3m3)
	Blood or medicines tracking	13.56 MHz	Tracking for anti-counterfeiting
Transport and logistics	Public transportation ticket	13.56 MHz	Near field communication (NFC) Tracking, profiling
	Highway toll	866 MHz, 915 MHz	Tracking, profiling (ISO/IEC 18000-6B)
	Vehicle tracking	Uplink 890-915 MHz Downlink 935-960 MHz	Tracking GSM frequency bands
	Fleet/freight container management	433.5-434.5 MHz	(ISO/IEC 18000-7)
		860-960 MHz 2 450 MHz	(ISO/IEC 18000-6) (ISO/IEC 24730-2)
e-government	e-passport	13.56 MHz	Short-range with powerful computation power (ISO/IEC 14443)
Mobile	Smart poster	860-960 MHz 13.56 MHz	(ISO/IEC 29143) (NFC) Invisibility

FIGURE 2.9 – Exemples d’application de la RFID [6]

D’autres exemples d’applications sont repris dans la figure 2.9.

Pour ce qui est de la distance de communication, elle est de quelques centimètres avec la **basse fréquence** (Low Frequency), quelques centimètres à quelques décimètres avec la **haute fréquence** (High Frequency) et de quelques mètres avec l’**ultra haute fréquence** (Ultra High Frequency). Bien sûr, cela dépend également d’autres paramètres comme l’environnement ou encore l’antenne.

La mémoire d’un tag RFID se limite bien souvent à un ou deux kilo-octets mais en fonction des besoins il existe d’autres tags avec une mémoire beaucoup plus importante (jusqu’à 70 kilo-octets pour un passeport électronique).

La capacité de calcul est assez limitée sur les tags. Mais des opérations simples (comme la vérification d’un mot de passe, avec celui en mémoire), voire plus complexe comme la cryptographie peuvent être réalisées. Il existe des tags avec des algorithmes de chiffrement symétrique, et même asymétrique (pour les passeports électroniques par exemple).

Les puces RFID semblent adaptées pour identifier un rouleau de médicaments et contenir les informations de distribution. La fréquence 13,56 MHz paraît plus adaptée, avec sa portée allant de quelques centimètres à quelques décimètres.

2.1.4 NFC

La Near Field Communication (NFC) est une extension des standards de la RFID (vu précédemment). Elle opère dans la bande de fréquence 13,56 MHz et est compatible avec la RFID (ISO/IEC 14443). Elle permet la lecture et l'émulation de tags (communication entre deux smartphones, pour l'envoi d'une image par exemple).

La norme ISO/IEC 18092 reprend les principales caractéristiques de la NFC et pose un cadre précis quant au format de stockage et d'échange d'informations, afin de renforcer l'interopérabilité des appareils NFC.

Les tags NFC peuvent être utilisés pour des applications telles que des visites de lieux interactifs ou encore le paiement via smartphone (avec Google Pay ou Apple Pay) dans les magasins.

Dans ce travail, la NFC permettrait non seulement de stocker les informations de distribution des médicaments mais également de modifier son contenu au fur et à mesure pour inscrire si le patient a pris son traitement ou non. Ces informations sont très utiles pour le pharmacien et médecin, afin d'ajuster le traitement ou le dosage.

2.2 Problématique

Dans cette section, nous retrouvons la polymédication qui peut être difficile à gérer à cause de différents facteurs sur lesquels nous reviendrons par la suite. Deux autres problèmes qui sont liés entre eux sont le gaspillage de médicaments et la perte d'argent lié à cela.

2.2.1 Polymédication

Il n'existe actuellement pas de consensus autour d'une unique définition de la polymédication, mais elles se regroupent en deux catégories principales :

- les définitions quantitatives : un patient est considéré comme polymédiqué à partir de cinq médicaments
- les définitions qualitatives : reposent sur l'usage de médicaments non cliniquement indiqués ou inappropriés

Cette définition provient de l'INAMI [10] et [11]. La Société Scientifique de Médecine Générale (SSMG) [12] nous indique que dans les centres de soins

résidentiels en Belgique, les patients reçoivent en moyenne 8,1 médicaments par jour.

La polymédication peut avoir plusieurs origines (outre le cas de figure des bonnes prescriptions), [11] nous indique qu'elle est régulièrement liée à un manque de communication entre les différents prestataires de soins ou entre ceux-ci et le patient. Par exemple, les prescriptions exagérées (en cascade), le renouvellement d'ordonnance sans réévaluation du traitement, la prescription par plusieurs médecins, l'automédication, etc.

Pourtant, Pire *et al* [13] soulèvent les risques liés à la polymédication. Nous y retrouvons la diminution de la compliance¹ (avec un taux en dessous de 50% à partir de 5 médicaments, et un impact multiplié pour les personnes âgées vivant seules), les effets secondaires (la proportion de patients avec ces effets augmente considérablement avec le nombre de médicaments différents) ainsi que plusieurs syndromes gériatriques (comme des chutes, de la confusion, la dénutrition, les troubles cognitifs).

Afin d'améliorer le système de prescription, Pire *et al* [13] suggèrent que l'utilisation d'un système informatique d'aide à la prescription pourrait endiguer ce phénomène et permettre une augmentation de la qualité des prescriptions. Les dosages incorrects et les interactions inappropriés seraient ainsi évités.

2.2.2 Gaspillage

Dans son étude, Megerlin [14] explique que les médicaments sont facturés et remboursés sur base de boîtes individuelles de taille standard, ce qui implique en plus d'un risque d'accident, un gaspillage hypothétiquement considérable. Cette partie de médicaments non utilisés se divise en deux catégories :

- l'excédent de délivrance : c'est la quantité reçue et payée par le patient, qui avec la posologie prescrite et la taille du conditionnement formera un surplus
- les résidus de traitement : c'est la quantité nécessaire au traitement qui n'a pas été ingérée, à cause de l'inobservance, de l'arrêt ou de la modification du traitement ou de la guérison.

La Préparation des Doses à Administrer² (PDA) pourrait constituer une solution pour limiter ce gaspillage, elle permet en effet de fournir au patient le traitement qu'il lui est prescrit en quantité nécessaire et suffisante. Son objectif est également d'améliorer la compréhension, l'administration et l'observance du traitement par le patient.

Mergerlin [14] a étudié le gaspillage lors de la préparation des traitements en pilulier et a ainsi permis de quantifier la perte évitable. En France, cela représente plus de 60 millions d'euros par an (en estimation basse), avec un gaspillage moyen de 0,288 euro par jour par patient.

1. le fait de prendre son traitement

2. c'est la préparation en piluliers ou en sachet d'un traitement médicamenteux, effectué par un pharmacien en officine

2.3 Systèmes existants

Dans cette partie, les différents systèmes existant sous forme d'application pour smartphone et de piluliers connectés ou non seront présentés. Ces systèmes ont été principalement produits afin d'aider le patient à prendre son traitement, que celui-ci soit une personne avec une maladie, un handicap ou une personne âgée.

2.3.1 Applications smartphone

Trois applications pour smartphone (Wedjat [2], Sapomed [15], Neu-Med [16]) ont été analysées. Dans un premier temps, leurs caractéristiques (communes et particulières) ont été étudiées. Dans un second temps, nous avons vu les limites de ce genre d'application.

Caractéristiques

Ces applications permettent le rappel de prise de médicaments au moment programmé de ladite prise, au moyen d'une notification (sonore et visuelle) sur le téléphone. L'utilisateur a la possibilité de supprimer cette notification et d'aller prendre ou non son traitement. Dans tous les cas, un registre des événements est maintenu à jour et les moments de prises (ou de non-prises, d'annulation de rappel, etc.) y sont inscrits afin de permettre un suivi optimal. Ce registre est par la suite synchronisé avec un serveur distant, parfois relié directement avec une plateforme accessible au médecin. Cette fonctionnalité permet à celui-ci ou au pharmacien ou à l'aide-soignant d'avoir un suivi automatique de l'observance du patient à son traitement. Lors d'une prise de médicaments, l'utilisateur a accès à la photo du ou des médicaments à prendre, afin de ne pas se tromper.

Pour la suite, les spécificités propres à chaque application sur une fonctionnalité commune seront abordées.

L'application Wedjat [2], contrairement aux deux autres, permet d'alerter l'utilisateur au moment de la prise, afin d'éviter un conflit entre deux substances qui ne seraient pas compatibles ou un médicament et un aliment conflictuel. Dans ce cas, la prise de l'élément posant problème sera différée, grâce à la Medication Scheduling Specification (MSS). Grâce à cette même MSS, la prise d'un traitement peut être reportée dans le cas d'un oubli.

SapoMed [15] dispose d'un espace d'urgence, permettant de contacter directement un aide-soignant, un médecin ou un membre de la famille. Neu-Med [16] permet à l'utilisateur d'envoyer des SMS pré rédigés à son médecin pour justifier la non-prise d'un médicament (qu'il s'agisse d'un oubli ou d'un problème avec le médicament). Wedjat [2] ne dispose pas de ce genre de fonctionnalités.

Chaque application évite un encodage fastidieux des prescriptions. Pour Wedjat il suffit de scanner le QR code imprimé sur la prescription papier avec l'application, et les données se retrouvent directement dans l'application. Avec SapoMed et Neu-Med, c'est via le cloud que ces informations sont récupérées.

Ces applications sont représentatives de ce qui existe sur le marché actuellement. Il peut parfois être difficile de suivre son traitement dans certains cas, comme une perte, casse du téléphone ou plus simplement, une batterie vidée.

Limitations

Bien que les applications sur smartphones présentent beaucoup d'avantages, elles ne sont pas forcément adaptées à tous les types de patients.

L'INAMI [10], via les résultats Pharmanet de 2012, nous indique qu'à peu près 18,9% des personnes âgées de plus de 65 ans ont recours à la polymédication, soit 380 000 patients. Pour les personnes de plus de 75 ans, le taux augmente à 23% et représente 224 000 patients. Cette partie de la population éprouve malheureusement des difficultés liées à leur âge, comme l'explique Quillion-Dupré *et al* [17]. Parmi celles-ci, nous percevons notamment des troubles auditifs et visuels ainsi qu'une diminution des capacités cognitives.

Concernant les smartphones et les personnes âgées, l'étude de Mohadis *et al* [18] porte plusieurs éléments à notre connaissance. Dans celle-ci, près de la moitié des personnes de plus de 65 ans ont un téléphone portable classique permettant uniquement de passer des appels et recevoir des SMS. L'autre partie des patients possédant un téléphone où il est possible d'installer des applications. Cette proportion peut s'expliquer par le fait que les personnes âgées de plus de 65 ans n'ont pas grandi avec cette technologie dans les mains ou qu'en fonction de leur revenu, l'achat d'un tel appareil n'est pas une priorité ou encore qu'ils ne se sentent tout simplement pas assez à l'aise pour utiliser ce type de téléphone.

Un autre aspect est le manque de formation pour l'utilisation des smartphones pour lequel l'apprentissage ne se fait pas aussi rapidement que par les jeunes utilisateurs. Boulanger *et al* [19] expliquent que les personnes âgées ont beaucoup de comportements inadéquats (comme le fait de persévérer dans la mauvaise direction lors d'une erreur), ce qui ne leur permet pas de bénéficier d'un apprentissage optimal.

Hwangbo [20] a étudié l'utilisation des écrans tactiles par les personnes âgées. Celui-ci explique que le public peut avoir du mal à appuyer sur la bonne touche lorsqu'il doit écrire quelque chose au clavier ou plus simplement interagir avec une interface. Les écrans de smartphones actuels affichent trop d'informations (parfois inutile) par rapport à l'espace disponible. Cela peut causer une réduction de la taille des messages ou des boutons à cliquer.

2.3.2 Piluliers

Nous pouvons distinguer différents types de piluliers, ceux qui ne sont pas connectés (que ce soit à une application ou à un serveur), ceux qui sont connectés à un serveur et ceux qui sont connectés à la fois à un serveur et à une application. Ces différents appareils ont chacun des points positifs comme négatifs, ce qui n'en rend aucun totalement parfait. De la même manière que dans la section précédente, les similitudes des piluliers seront d'abord présentées, suivies de leurs particularités.

Piluliers non connectés

Tsai *et al* [21] [22] nous présentent un pilulier collaboratif orienté vers l'action nommé Sinica (voir figure 2.10). Cela veut dire que ce pilulier ne fonctionne pas comme les piluliers classiques en distribuant les médicaments aux patients mais en rendant le patient acteur de son traitement.

Tsai *et al* [22] ont pu tester la mise en place et le fonctionnement du système, en simulant son utilisation sur un ordinateur. Des expérimentations doivent encore avoir lieu, ainsi qu'un prototype plus abouti.



FIGURE 2.10 – Pilulier Sinica

L'outil permet d'accueillir des pots de médicaments (identifiés par une puce RFID) en son sein. Une fois placés, ceux-ci sont verrouillés. Les instructions de distribution se trouvent sur une carte SD insérée dans l'appareil. Sur celle-ci, un registre détaillé des prises et non prises des médicaments est également repris. L'appareil crée également des MSS grâce aux instructions.

Lorsque le moment d'une prise de médicament arrive, la machine débloque



FIGURE 2.11 – Pilulier Dyn-E-Pill [23]

un premier pot de médicaments. L'utilisateur doit alors en prendre le nombre indiqué et les placer dans la partie de vérification de l'appareil. Puis remet le pot à sa place. Une fois que le patient a fait de même pour les autres médicaments, le pilulier vérifie que les médicaments présents correspondent bien à ce qui doit être pris. Une fois la vérification effectuée, le patient peut prendre son traitement.

Piluliers connectés à un serveur

Dans cette partie, les piluliers fonctionnant avec des compartiments de médicaments à remplir seront d'abord abordés, suivis d'un pilulier fonctionnant avec une PMI et des sachets de médicaments (un sachet étant équivalent à une prise).

Les piluliers Dyn-E-Pill [23] (voir figure 2.11, à noter que Boquete *et al* [23] ont réalisé le design et la construction d'un prototype de leur pilulier, mais qu'il n'est pas encore sur le marché), Do Pill [24] (voir figure 2.12), Vitatel [25] (voir figure 2.13, ce dernier est produit par la société Vitatel et utilisé en Belgique), disposent d'un stockage de médicaments, du paramétrage des rappels de prise ainsi que d'une alarme sonore et/ou visuelle, d'une gestion du stock, et bien évidemment d'une communication avec un serveur.

Le stockage des médicaments dans le Dyn-E-Pill [23] et le Vitatel [25] se fait dans des compartiments dans un cercle (un carrousel), qui va tourner pour donner accès ou non aux médicaments suivants. Pour le Do Pill [24], il existe plusieurs compartiments. Dans les deux cas, plusieurs médicaments différents peuvent être stockés dans un compartiment et celui-ci correspond à une prise.

Ces appareils disposent d'un centre de contrôle sur le serveur, où les informations de prise (ou non prise) sont stockées. Ces informations sont directement accessibles au médecin dans le cas de Do Pill [24].



FIGURE 2.12 – Pilulier DoPill [24]

En cas de non-prise, Dyn-E-Pill [23] enverra un SMS au centre de contrôle. DoPill [24], lui, enverra un SMS ou un email à des proches du patient. Pour Vitatel [25], c'est un opérateur qui prendra contact par téléphone avec le patient pour lui rappeler de prendre son traitement.

Le pilulier dont font référence Allemann [26] et Strasser [27] est Medido (voir figure 2.14) et est utilisé en Hollande. Un rouleau de sachets de médicaments est fourni au pilulier, et celui-ci distribue sachet après sachet lorsque le moment est venu. Les rappels sont stockés via un serveur et Medido récupère ces données de distribution. La connexion entre le pilulier et le serveur se fait via une connexion GPRS et le registre des prises et non prises est stocké sur la machine distante.

Piluliers connectés à une application et à un serveur

Les piluliers décrits par Marks [28] et Kassem [29] sont connectés à une application, permettant un encodage des traitements à prendre (la transmission des données à l'appareil se fait via WiFi pour Medibox [28] et via Bluetooth pour le pilulier de Kassem [29]). Les deux appareils permettent de stocker les médicaments, d'avertir le patient dans le cas d'une prise, de stocker le registre des prises et non prises.

Il est à noter que ces deux appareils sont des prototypes. Ils ne sont donc pas commercialisés.



FIGURE 2.13 – Pilulier Vitatel [25]



FIGURE 2.14 – Pilulier Medido [26] et [27]

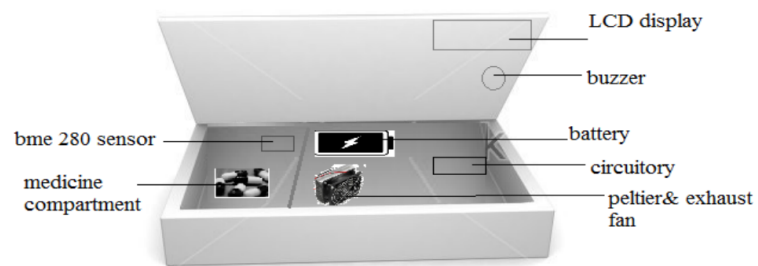


FIGURE 2.15 – Pilulier Medibox [28]

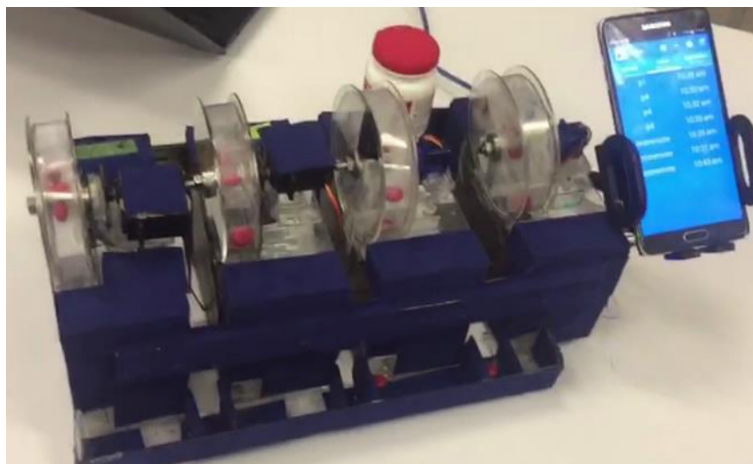


FIGURE 2.16 – Pilulier [29]

En ce qui concerne leurs spécificités, [28] est doté de capteurs d'humidité et de température dans le but de réguler automatiquement ceux-ci pour respecter les consignes de conservation du producteur de ces médicaments. Concernant le stockage des médicaments, il faut se contenter d'une boîte où tous les médicaments sont accessibles directement lors d'une prise.

L'appareil de Kassem [29] a, pour sa part, des rouleaux circulaires avec un rouleau par type de médicament.

Pour avertir le patient d'une prise de médicament, les deux appareils bénéficient d'alarmes visuelles et sonores ainsi qu'un affichage sur leur écran. Medibox [28] permet en plus la synchronisation avec un calendrier Google pour avoir toutes les futures prises directement sur son agenda.

Le registre est disponible dans l'application et sur le serveur pour le pilulier de Kassem [29], tandis que pour Medibox [28], le registre est d'abord stocké sur une carte SD, puis envoyé vers un serveur quand une connexion WiFi le permet (mais n'est pas disponible dans l'application).

Le pilulier de Kassem [29] permet également une gestion du stock des substances et peut alerter par SMS un proche désigné à l'avance si le patient n'a pas pris son traitement.

2.4 Intérêt d'un nouveau système

Les fonctionnalités des systèmes que nous avons vues précédemment ont été regroupées dans deux tableaux (voir figure 2.17 pour les applications et figure 2.18 pour les piluliers). Nous remarquons dès lors qu'il y a une niche à exploiter et c'est précisément le but de notre étude. En effet, il semble que certaines fonctionnalités ne soient pas reprises par certains systèmes alors qu'elles sont particulièrement intéressantes.

Les applications sur smartphone ne permettent pas de stocker les médicaments en un endroit sécurisé, ce qui peut constituer un risque. Cela peut être une mauvaise lecture des indications ou une perte de médicaments. Elles permettent tout de même une modification du traitement en cours de route, mais ces applications agissant comme alarme de rappel ne permettent pas d'éviter le gaspillage évoqué précédemment.

Pour ce qui est des piluliers, ils permettent le stockage sûr des médicaments. La plupart des piluliers ne disposent pas d'une méthode simple et rapide pour l'encodage des rappels de prise de médicaments comme les systèmes Medibox [28], de Kassem [29] et Dyn-E-Pill [23].

L'appareil Sinica [21, 22] tente une nouvelle approche en essayant de faire participer le patient dans une optique de collaboration. Malheureusement, ce système ne bénéficie pas encore de tests avec des utilisateurs finaux. Il est donc

	Wedjat	SapoMed	Neu-Med
Base de données des médicaments avec photos et précautions d'usage	En local	Via un service web	Via un service web
Journal d'événements	Oui	Oui	Oui
Alerte dans le cas d'un conflit avec un autre médicament ou de la nourriture	Oui	Non	Non
Replanification automatique si conflit ou oubli (MSS)	Oui	Non	Non
Récupération de la prescription/posologie	QR Code à scanner avec le smartphone sur la prescription du docteur	Cloud avec un scan de la boîte de médicaments au moment de la prise	Cloud

FIGURE 2.17 – Comparaison des applications existantes

difficile de savoir s'il est utilisable par tous les types de patients.

DoPill [24] permet de gérer les traitements en PDA. En revanche, cela nécessite une certaine configuration en amont, chez les pharmaciens notamment. Aucune indication n'est donnée sur la procédure à appliquer dans le cas où le traitement serait modifié.

Le pilulier Med-E-Lert [25] comprend toujours des risques. Un aide-soignant vient remplir les compartiments de l'appareil mais cela ne règle pas pour autant les problèmes de gaspillages et l'erreur possible dans le cas d'une distraction.

Medido [26, 27] semble être le seul appareil pouvant convenir dans notre cas. Malheureusement, ceux-ci ne désirent pas s'importer en Belgique selon les acteurs de la filière.

2.5 Positionnement

Au travers des différents systèmes que nous avons explorés, il apparaît qu'il existe beaucoup de dispositifs différents. Aucun d'entre eux n'est parfait et chacun pourrait être optimisé. Par contre ils répondent à une problématique : l'observance du patient à son traitement.

	Sinica	Medibox	Kassem	Dyn-E-Pill	DoPill	Medido	Vitalel (Med-E-Lert)
Stockage des médicaments	Par pot de médicament (un type par pot), identifié en RFID	Avec régulateur température et humidité (but : respecter les consignes du producteur de ces médicaments)	Rouleau circulaire (un rouleau par type de médicament)	Un cercle avec des compartiments (une prise par emplacement)	Par compartiment (une prise par emplacement)	Rouleau PMI (un sachet par prise de médicaments)	Un cercle avec des compartiments (une prise par emplacement)
Stockage du fichier de distribution	Carte SD	Sur smartphone, avec encodage manuel	Sur smartphone, avec encodage manuel. Transmission au pilulier en Bluetooth	Encodé via un logiciel sur ordinateur, transmis ensuite au téléphone puis au pilulier	Encodé via un logiciel sur ordinateurs, transmis au pilulier	Via synchronisation cloud	Directement sur l'appareil, via un cercle à trou
Journal d'événements	Oui, sur carte SD	Oui, sur carte SD puis upload via Wifi quand disponible	Oui, sur l'application et le cloud	Oui, sur le cloud	Oui, sur le cloud	Oui, sur le cloud	/
Alerte en cas de non prise	Non	Non	Oui, via SMS	Oui, via SMS	Oui, via SMS ou email	Non	Oui, via centre de contrôle
Prise en charge sachets PMI	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
Informations complémentaires au traitement (sirop ou autre)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Système commercialisé	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui

FIGURE 2.18 – Comparaison des piluliers existants

Dans notre cas, l'appareil que nous cherchons à produire palliera aux défauts et manquements des autres systèmes. Celui-ci permettra le stockage sûr des médicaments, une mise en place et un démarrage rapide et simple tant pour le patient que l'aide-soignant ou le pharmacien, une simplicité d'utilisation pour le patient afin que le traitement ne devienne pas un fardeau, une observance de la part du corps médical pour un meilleur suivi et la possibilité de modification de traitement.

En Belgique, le pilulier produit par Vitatel [25] est très répandu et présente des avantages (comme tous les piluliers) mais également des inconvénients. Un aide-soignant ou une personne de confiance doit le remplir suivant le traitement prescrit au patient. En revanche, il y a toujours un risque d'erreur via l'intervention humaine notamment.

D'un autre côté, les pharmacies produisent maintenant des PMI de façon automatisée. Celle-ci est présentée sous la forme de sachets de médicaments, où un sachet correspond généralement à une prise (il peut arriver, dans le cas où il y en ait beaucoup, qu'il y ait deux sachets pour une prise). Ces sachets sont ensuite enroulés et tous ces rouleaux sont ensuite dirigés vers les maisons de repos ou les pharmacies pour distribution à leur titulaire ou aide-soignant.

Toute la partie production et acheminement de ce processus est bien rodée mais il manque un élément : un appareil pour assurer la distribution. Ce travail proposera, par la suite, une conception logicielle de ce futur système.

L'appareil que nous cherchons à mettre en place devra permettre la délivrance sûre de médicaments tout en restant le plus simple possible au niveau de l'utilisation et de la configuration. Tout comme d'autres appareils cités plus haut, un mécanisme doit empêcher le patient de prendre des médicaments quand ce n'est pas le moment adéquat et bloquer l'accès à ceux éventuellement non pris.

Pour permettre une configuration (mise en route) rapide et simple, un fichier de distribution sera fourni avec le rouleau de PMI du patient. Ce fichier pouvant prendre différentes formes, comme une clé USB, une carte SD, un QR code, une puce RFID/NFC, etc. Afin d'éviter la perte de ce fichier, nous ne retiendrons que les deux derniers éléments pour l'instant. Comme nous l'avons vu plus haut, ces différents moyens ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Dans le cas d'un QR code, il pourrait être inscrit sur tous les sachets et l'appareil lirait alors le code du premier sachet se présentant à lui pour savoir quand le distribuer. Pour ce qui est d'une puce RFID/NFC, elle pourrait être incluse dans un sachet supplémentaire qui se trouverait en fin de rouleau, évitant ainsi au patient de l'ingérer. L'avantage de mettre la puce sous forme solide réside dans la possibilité de la retourner au pharmacien qui, avec le programme adéquat, pourrait lire les données et savoir si le patient a bien pris son traitement ou non.

Pour ce travail, nous allons essayer d'aller plus loin que la simple distribution du traitement. En effet, nous aimerions par exemple que le médecin ou le pharmacien puisse être tenu au courant de l'observance du patient à son traitement.

Dans notre cas, l'appareil fonctionnant de façon autonome et sans connexion internet, l'information doit revenir via un dispositif jusqu'au médecin/pharmacien. Dans ce cas, les puces RFID/NFC bénéficiant de la réécriture semblent le plus adapté à ce cas de figure.

Il existe des puces utilisant la fréquence 13,56 MHz ayant une capacité de stockage pouvant aller jusqu'à 8 kilo-octets³. Celle-ci est intéressante dans le cas où nous aurions beaucoup d'informations à stocker comme avec un rouleau reprenant plus d'une semaine de traitement avec plus de prises de médicaments que la moyenne des patients.

3. Voir la puce NXP MIFARE® DESFire® EV2 [30]

Chapitre 3

Conception

Ce chapitre s'axera sur les différentes étapes qui ont permis la création du logiciel de notre pilulier. Ce logiciel (qui tient compte du positionnement précédemment explicité) se veut simple, fiable et sûr. La méthodologie suivie provient du cours d'*Interaction Homme/Machine* [1] et suivra la *process wheel* (voir figure 3.1).

Dans cette méthodologie, nous commencerons par l'analyse du domaine de travail ainsi que les besoins des utilisateurs. Pour ce faire, nous allons travailler par étapes. Tout d'abord, nous réaliserons une enquête contextuelle qui est un processus permettant de récolter des données d'activité sur le travail de l'utilisateur. Ensuite, nous aurons recours à une analyse contextuelle qui permet d'organiser, consolider et interpréter les données récoltées avec l'enquête. Enfin, nous procéderons à un processus analytique déductif pour extraire les besoins et les exigences des utilisateurs ainsi que des modèles informatifs qui sont des synthèses présentant des descriptions de tâches, scénarios, etc. Pour notre cas, Home Based et ses partenaires ont fourni beaucoup d'informations, ce qui a permis de passer directement à l'analyse de ces données et d'en retirer les exigences ainsi qu'un modèle informatif permettant d'avoir une vue d'ensemble sur le fonctionnement.

Ensuite nous procéderons à la partie design, qui comprend le *design thinking* (approche pour créer un produit qui évoquera une expérience utilisateur avec un impact émotionnel, esthétique et une interaction sociale axée sur les valeurs), design conceptuel (thème, notion ou idée dans le but de communiquer une vision de la conception d'un système ou d'un produit) et la production de design (instancier un ou plusieurs designs) [1]. Notre conception est passée par ces différentes étapes, permettant de fournir un design de production sous forme de wireframes (voir section 3.2).

Par après, la création d'un prototype prendra place. Les prototypes permettent aux concepteurs de tester un produit avant de déployer les ressources nécessaires permettant de le construire réellement. C'est un processus itératif

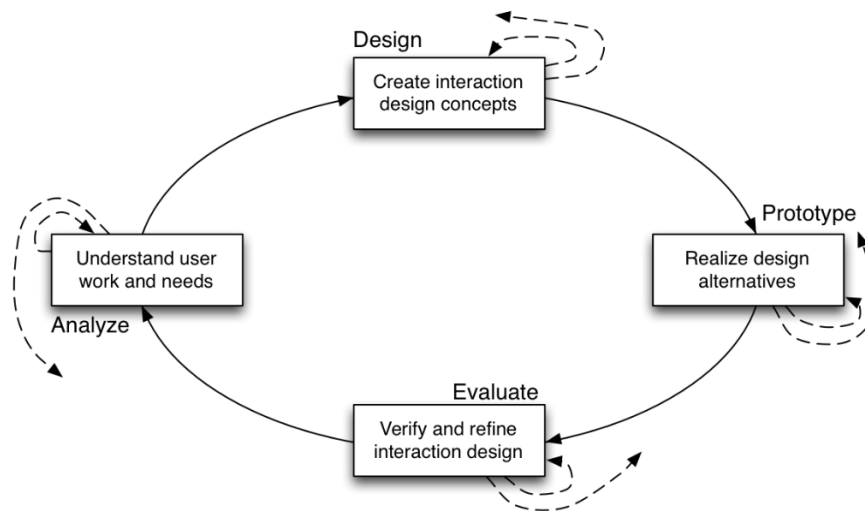


FIGURE 3.1 – Process template

qui permet d’avoir le design le plus adapté pour notre produit. Ce prototype permet de tester une ou plusieurs fonctionnalités du système final et également de se rendre compte de certaines limitations.

Enfin, nous avons le processus d’évaluation. Celui-ci permet de vérifier et de raffiner les interactions avec le design proposé. Il existe des méthodes d’évaluation rapide et rigoureuse, permettant d’obtenir des informations sur les aspects à améliorer ou modifier. L’évaluation permet de s’assurer que le design proposé rencontre bien les objectifs d’utilisabilité et du projet. Dans notre cas, nous avons procédé à une évaluation qualitative avec les différents types d’utilisateurs concernés par l’utilisation de l’appareil.



FIGURE 3.2 – Exemple d'un sachet PMI

3.1 Analyse

La demande de Home Based est la création d'un logiciel pour un appareil permettant la distribution de sachets PMI (voir figure 3.2), à destination du particulier. Ce système doit avoir des procédures simples (en un minimum d'étapes et compréhensibles), que ce soit en termes d'utilisation ou de configuration. Par là, nous entendons des actions comme le chargement du rouleau dans l'appareil, la réception des informations de distribution, l'utilisation générale, etc.

3.1.1 Analyse contextuelle

L'analyse contextuelle a pu être réalisée grâce à plusieurs réunions avec les différentes parties prenantes de ce projet. Parmi celles-ci, nous retrouvons des personnes du groupe Economie Populaire de Ciney (EPC) comprenant les pharmacies Familia, de Vitatel et de Home Based. Durant ces réunions, il a été dis-

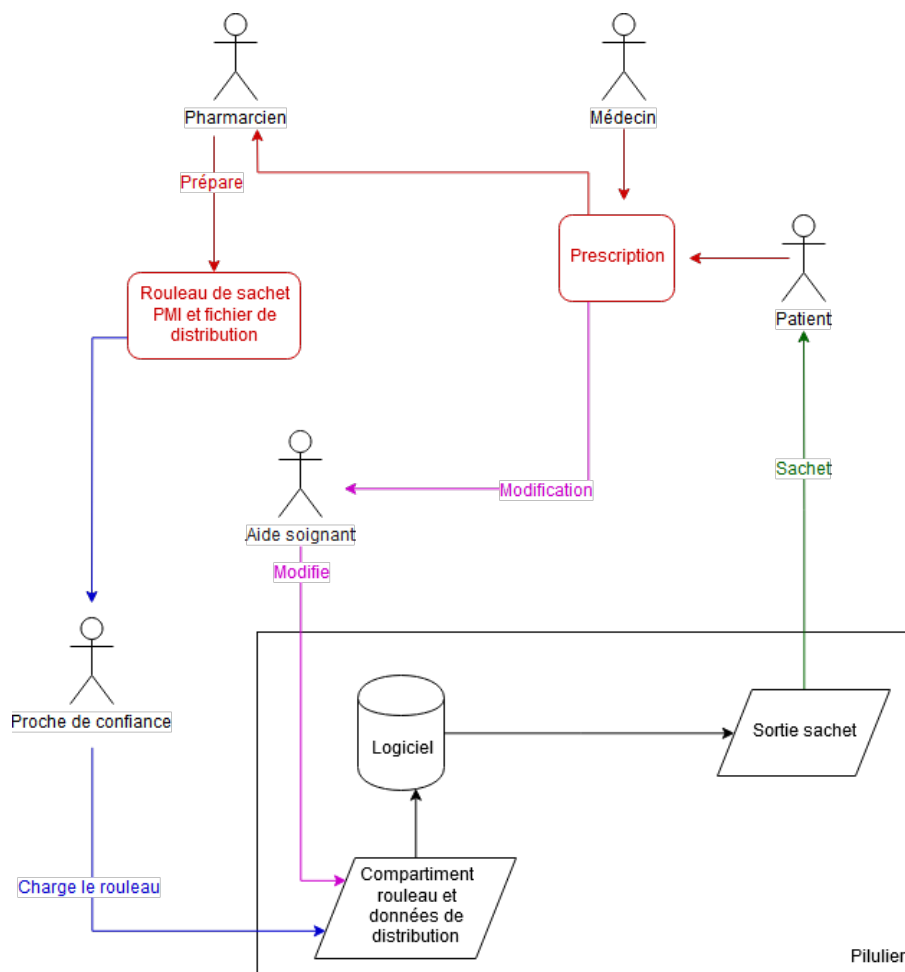


FIGURE 3.3 – *Flow Model* simplifié de la mise en place du pilulier

cuté des besoins et exigences à respecter dans la création du prototype. Ces rencontres ont permis de comprendre le contexte de réalisation mais aussi les étapes déjà existantes dans le futur processus de distribution de la PMI. Les prescriptions, la création et la vérification des rouleaux de médicaments sont des processus déjà existants chez Familia.

Suite à ces rencontres, un modèle de flux (voir figure 3.3) a pu être dégagé afin de mieux percevoir le rôle de chaque utilisateur. C’est à partir de ce schéma que nous avons pu procéder aux étapes suivantes de la création du logiciel.

Flow Model

En rouge, nous avons la préparation des rouleaux de PMI déjà existants pour les institutions. Le médecin prescrit à un patient des médicaments, cette

prescription est transmise à la pharmacie et ces médicaments sont préparés dans un rouleau de sachets, sous forme de PMI. Dans notre fonctionnement, les rouleaux seraient par après disponibles en pharmacie, accompagnés d'un fichier contenant toutes les informations de distribution.

En bleu, un proche de confiance du patient (ou un aide-soignant) peut retirer le rouleau PMI et le fichier de distribution auprès de la pharmacie. Une fois ceux-ci récupérés, il peut se rendre chez le patient pour les insérer dans le pilulier.

En vert, le pilulier se charge d'avertir le patient lorsqu'il est l'heure de prendre des médicaments et lui fournit le sachet de médicaments. Bien évidemment, le patient doit confirmer sa présence afin d'éviter que des sachets non pris ne s'accumulent à la suite les uns des autres. Par ailleurs, si aucune confirmation n'arrive endéans les vingt minutes, le sachet est automatiquement mis dans un compartiment poubelle.

En rose, nous avons la modification de la PMI. Lorsqu'un traitement est modifié par le médecin, un aide-soignant est averti et peut se rendre chez le patient pour procéder à la modification de certains sachets. Cette modification ne peut être qu'un retrait de médicament et en aucun cas un ajout.

3.1.2 Exigences

Pour un fonctionnement correct et sécurisé de l'appareil, certaines exigences doivent être satisfaites.

Elles découlent des réunions avec les différents acteurs du projet. Parmi ceux-ci, nous retrouvons les pharmaciens qui ont permis d'apporter des informations sur les traitements en PMI et notamment la durée de traitement maximale qui peut être délivrée en sachets, elle est de quatorze jours. Ils ont également permis d'extraire des exigences comme les informations complémentaires du traitement (une crème à appliquer par exemple).

Les personnes de Vitatel et Home Based ont amené leur expertise (ce premier ayant déjà un pilulier [25] actif chez des patients) ils ont pu décrire des exigences comme la mise en route, la sécurisation du compartiment à rouleau, le compartiment poubelle et les différentes procédures nécessitant un accès sécurisé.

Le reste des exigences et les procédures découlent des discussions et des idées qui ont été évoquées pendant les réunions.

Mise en route

Le système ne doit pas nécessiter une grande configuration fastidieuse lors sa première mise en route (tout comme dans le cas d'une perte de courant) pour des réglages comme la date et l'heure et les informations de distribution.

Journal d'événements

Tout ce qui se passe en relation avec le pilulier devra être inscrit dans des logs, qu'il s'agisse de la (non-)prise de médicaments, du remplacement du rouleau, etc. De cette façon, un aide-soignant ou un proche de confiance pourra aisément voir où en est le patient dans son traitement et éventuellement discuter directement avec celui-ci dans le cas de non prise. Ce journal d'événement pourra également être renvoyé vers la pharmacie, étant donné qu'il est stocké sur la puce. Cela permettra de savoir si le patient prend bien ses médicaments et d'adapter ses prescriptions en toute sécurité.

Compartiment du rouleau

L'accès au rouleau de médicament devra être sécurisé. Un aide-soignant ou un proche de confiance doit pouvoir facilement y accéder pour le remplacement de la PMI. En revanche, l'accès doit être bloqué au patient, afin d'éviter tout problème. Pour le remplacement du rouleau, une procédure simple doit être mise en place.

Confirmation de prise

Il doit y avoir une action de la part du patient lorsque des médicaments doivent être pris, et ce afin de confirmer l'enlèvement du sachet. Cela évitera que des sachets de médicaments ne s'accumulent si le patient ne confirme rien auprès de l'appareil. Cette confirmation a pour but de délivrer et d'ouvrir le sachet de médicaments au patient.

Compartiment poubelle

Un sachet non pris après le temps de prise (vingt minutes) devra être avalé par l'appareil et mis dans un compartiment à part. De cette façon, les médicaments qui ne sont pas pris à temps seront mis en sécurité. Cela devra se faire automatiquement et sans interaction de la part d'un quelconque utilisateur.

Transmission des événements

Dans le cadre de suivi du traitement, les informations du journal d'événement doivent revenir jusqu'au pharmacien via la puce NFC où sont stockées toutes les informations. Comme expliqué précédemment, ces informations vont permettre au patient d'être mieux suivi et pris en charge par son médecin et son pharmacien. Cela pourra être utile pour déceler tout problème qui pourrait survenir de la suite de la non-prise de médicaments.

Informations complémentaires

Le pilulier est destiné à faciliter l’observance de la prise de médicaments sous forme orale sèche mais les informations contenues dans le fichier de distribution doivent pouvoir également contenir d’autres directives. Par exemple, l’appareil pourrait indiquer au patient qu’en plus de prendre les médicaments que le distributeur lui fournit, de prendre un sirop pour la toux ou encore de faire un aérosol.

Accès sécurisé

Certaines fonctionnalités nécessiteront un accès restreint afin de préserver le patient d’une mauvaise manipulation. Nous y retrouverons notamment les procédures suivantes :

- Changement du rouleau
- Absence du patient
- Modification des sachets
- Journal des événements

3.1.3 Procédures

L’ensemble des procédures que le logiciel doit pouvoir gérer sont listées ci-dessous.

Délivrance du traitement

Lorsque le moment est venu, un son d’alerte notifiera au patient qu’il est l’heure de prendre ses médicaments. L’utilisateur verra alors le traitement à prendre à l’écran et pourra confirmer la prise. Le sachet sera ouvert et lui sera présenté. Dans le cas où le patient n’interagit pas avec l’appareil avant l’expiration de l’alerte (vingt minutes), le sachet de médicaments est alors avalé par le pilulier pour être stocké dans un compartiment poubelle.

Aperçu des prises à venir

Toute personne, que ce soit le patient, la personne de confiance ou l’aide-soignant doit pouvoir consulter l’ensemble des prises de médicaments disponibles dans l’appareil.

Chargement/remplacement de la PMI dans l'appareil

Une fois le sachet obtenu chez le pharmacien, le proche de confiance doit être capable de remplacer facilement le rouleau de médicament dans l'appareil.

Absence du patient

Dans certains cas, un patient s'absente de son domicile pour plusieurs jours, cela peut être pour des vacances ou un séjour à l'hôpital. La personne de confiance doit donc pouvoir retirer en avance les sachets de médicaments qui devront être pris par le patient pendant cette absence, et ce sans fausser le sachet de distribution. Une notification doit donc être faite à ces données, pour éviter le mauvais timing lors du retour du patient.

Modification de la médication

Dans le cas où le traitement d'un patient viendrait à changer pour être ajusté selon une consigne du médecin, un aide-soignant peut intervenir directement auprès du pilulier pour régler les dosages des médicaments. Par contre, dans cette procédure il ne peut s'agir que d'un retrait d'un ou plusieurs (ou partie) de médicaments.

3.2 Design

Un premier design sur papier, sous forme de *High-Fidelity Wireframe* a été réalisé afin de tester les procédures établies plus haut. Ainsi, pour chaque procédure, l'enchaînement d'écrans à parcourir est indiqué ci-dessous.

- Délivrance du traitement : figure 3.4 → figure 3.5 → figure 3.4
- Aperçu des prises à venir : figure 3.4 (bouton **Tout le planning**) → figure 3.6
- Changer la sonnerie : figure 3.4 (bouton **Paramètres**) → figure 3.7 (bouton **Sonnerie**) → figure 3.8
- Consulter la date d'expiration du rouleau : figure 3.4 (bouton **Paramètres**) → figure 3.7
- Changer le rouleau de médicaments : figure 3.4 (bouton **Paramètres**) → figure 3.7 (bouton **Admin**) → figure 3.9 → figure 3.10 (bouton **Compartiment**) → figure 3.11 (bouton **(Dé)verrouiller**)
- Consulter le journal d'événements : figure 3.4 (bouton **Paramètres**) → figure 3.7 (bouton **Admin**) → figure 3.9 → figure 3.10 (bouton **Journal des événements**) → figure 3.12
- Absence du patient : figure 3.4 (bouton **Paramètres**) → figure 3.7 (bouton **Admin**) → figure 3.9 → figure 3.10 (bouton **Vacances**) → figure 3.13

Cette version ne tient pas compte de la procédure de modification de mot de passe ainsi que de la procédure de modification de traitement. Elles seront ajoutées par la suite dans la version suivante.

Mercredi 17 juillet 2019

14:30

A venir aujourd'hui

16 h 00	(1 sachet)
20 h 00	(2 sachets)

[tout le planning](#)

[Paramètres](#)

FIGURE 3.4 – Accueil

Il est l'heure!

16 h 00

1 sachet à prendre
+ 1 càc sirop XYZ

[Valider](#)

FIGURE 3.5 – Prise de traitement

[< retour](#) Planning

mercredi 17/07/19	
16 h 00	1 sachet
20 h 00	2 sachets
jeudi 18/07/19	
08 h 00	2 sachets
12 h 00	1 sachet
16 h 00	1 sachet
20 h 00	2 sachets
vendredi 21/07/19	

FIGURE 3.6 – Prises à venir

[< retour](#) Paramètres

⚠ Le rouleau sera expiré le 21/07/19

Sonnerie	>
Admin	>

FIGURE 3.7 – Paramètres

< retour Sonnerie >

Sonnerie 1 ☒

Sonnerie 2 ☐

Sonnerie 3 ☐

Valider

FIGURE 3.8 – Changement de sonnerie

< retour Admin

— — — —

1	2	3
4	5	6
7	8	9
Effacer	0	OK

FIGURE 3.9 – Connexion administrateur

< retour Admin

Compartment >
Journal des événements >
Vacances >

FIGURE 3.10 – Paramètres administrateur

< retour Compartment

Etat : verrouillé

Puce débranchée

Déverrouiller

FIGURE 3.11 – Etat du compartiment de médicaments

Hand-drawn prototype of an 'Événements' (Events) journal. The interface includes a title bar with a back arrow and the text 'Événements'. The main area contains a list of events:

- 11/07/19 12h32 compartiment ouvert
- 11/07/19 12h40 traitement pris
- 11/07/19 12h00 alarme
- 11/07/19 11h47 système démarré
- 11/07/19 10h40 traitement pris
- 11/07/19 10h00 alarme

A vertical scrollbar is visible on the right side of the list.

FIGURE 3.12 – Journal d'événements

Hand-drawn prototype of an 'Absence du patient' (Patient Absence) screen. The interface includes a title bar with a back arrow and the text 'Vacances'. The main text reads:

Sortir les médicaments jusqu'au

18 / 07 / 19

(jour compris)

Below the date, there are two small circular buttons with '^' and 'v' symbols. At the bottom is a 'Valider' button.

FIGURE 3.13 – Absence du patient

3.3 Prototype

Le prototype suivant est un *High-Fidelity Prototype*, ce qui correspond à des *wireframes* cliquables (permettant la navigation) avec une représentation et une interaction fidèle au produit final, le système est également en partie implémenté. Parmi les autres types, nous retrouvons les *Low-Fidelity Prototype* et les *Medium-Fidelity Prototype*. Ces premiers sont généralement des prototypes sur papier sans représentation fiable de l'apparence finale mais qui portent une grande attention sur les interactions. Les autres quant à eux constituent une approche très populaire et sont généralement composés de *wireframes*.

Par rapport au design dont nous avons parlé plus haut, les points suivants ont été modifiés :

- ajout d'un paramètre de volume (voir figure 3.18) : il est accessible au patient et ne peut être diminué en dessous de 10
- la procédure de changement du rouleau se fait désormais en plusieurs étapes, afin de s'assurer de son bon déroulement (voir figure 3.21, figure 3.22 et figure 3.23)
- pour la procédure d'absence du patient (voir figure 3.24), il faut maintenant sélectionner la prise jusqu'à laquelle nous souhaitons sortir des sachets de médicaments.
- pour la modification des sachets de médicaments, il faut sélectionner le médicament à modifier (voir figure 3.26), puis cliquer sur le bouton de

validation. Par la suite, il faut sélectionner la dose restante et cliquer sur le bouton de présentation des sachets suivant (voir figure 3.27).

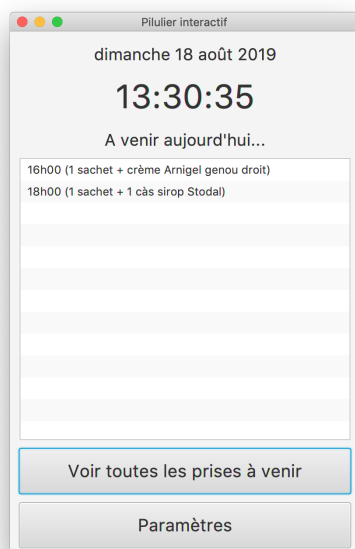


FIGURE 3.14 – Accueil

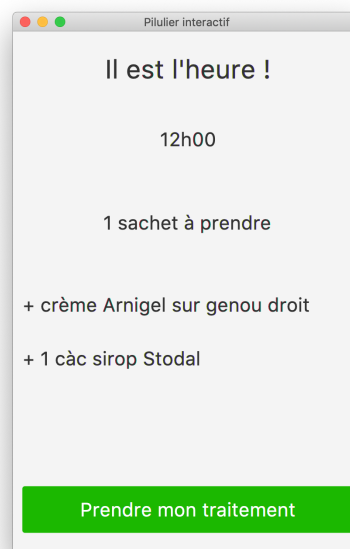


FIGURE 3.15 – Prise de traitement

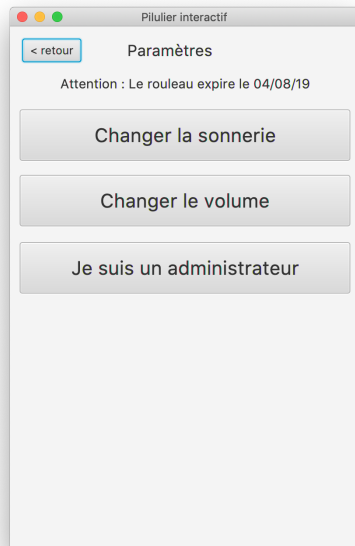


FIGURE 3.16 – Paramètres

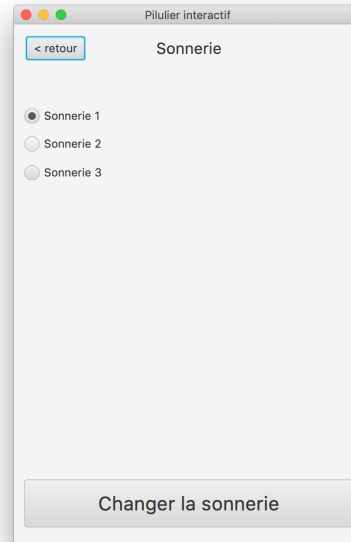


FIGURE 3.17 – Réglage de la sonnerie

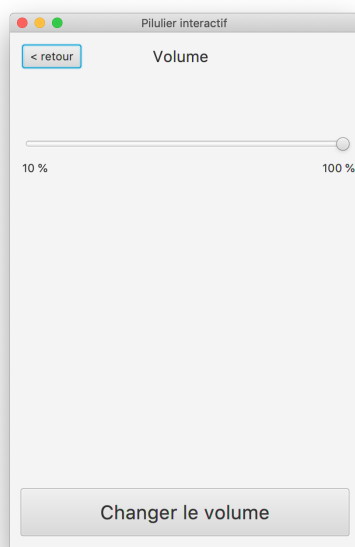


FIGURE 3.18 – Réglage du volume

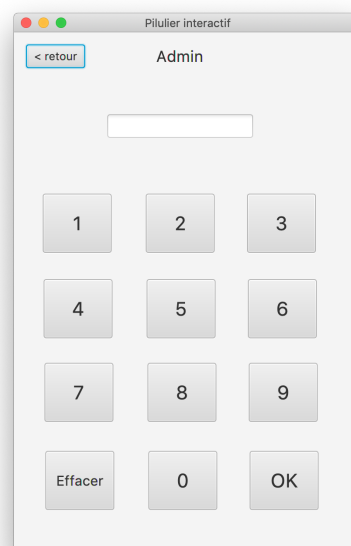


FIGURE 3.19 – Connexion administrateur

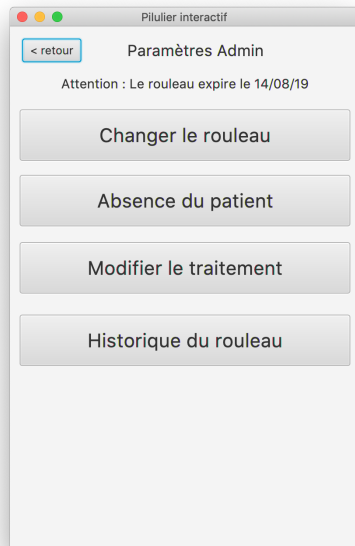


FIGURE 3.20 – Paramètres administrateur



FIGURE 3.21 – Changement du rouleau (1)



FIGURE 3.22 – Changement du rouleau (2)



FIGURE 3.23 – Changement du rouleau (3)

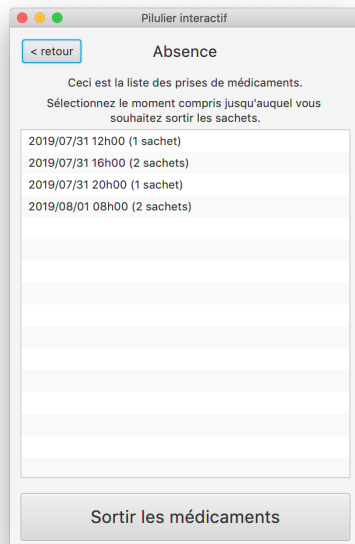


FIGURE 3.24 – Absence du patient

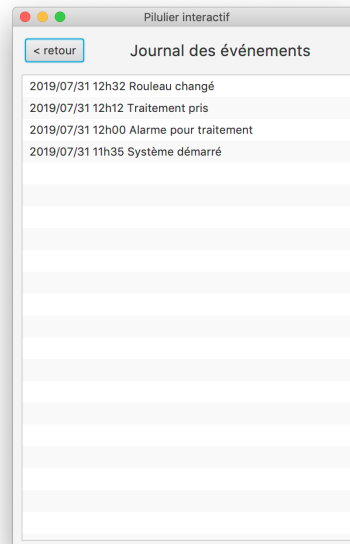


FIGURE 3.25 – Journal des événements

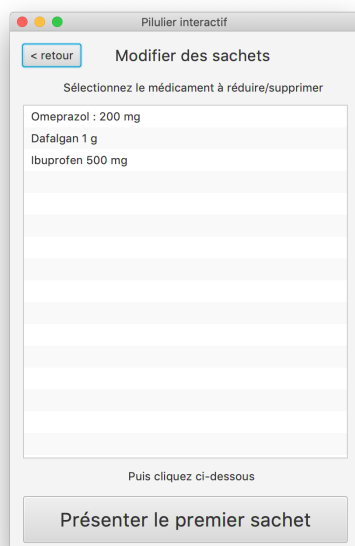


FIGURE 3.26 – Modification de la médication (1)

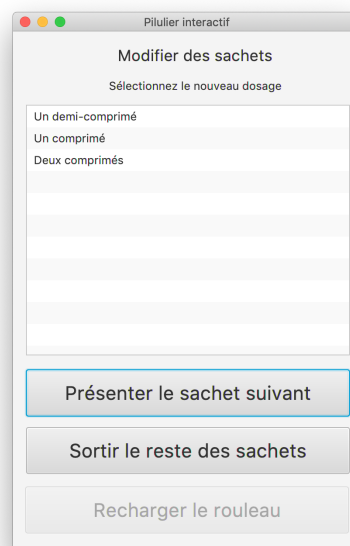


FIGURE 3.27 – Modification de la médication (2)

3.4 Evaluation

Une évaluation formative et qualitative du prototype a été réalisée auprès d'utilisateurs finaux du logiciel. Ces tests ont été segmentés pour n'évaluer que les parties concernées par les différents utilisateurs. Parmi ceux-ci, nous comptons des patients polymédiqués (qui prennent au moins 5 médicaments), des proches de ces personnes, et des personnes du corps médical. Un protocole détaillant ce qui a été testé pour chaque type d'utilisateur est expliqué ci-dessous, suivi des résultats.

L'évaluation (de type qualitative) a pour objectif de former le design du logiciel grâce au retour des testeurs en identifiant et résolvant les problèmes et causes d'expérience utilisateur. Elle s'est déroulée sous forme de mise en situation. L'enquête a été réalisée en face à face, au domicile des testeurs.

Une explication générale de l'utilité du logiciel a été donnée préalablement, avec une mise en contexte. Il a été demandé aux personnes de réaliser toutes les actions concernant leur catégorie avec le logiciel. Celles-ci seront détaillées par après. Il a été également demandé aux utilisateurs d'évoquer à haute voix leur réflexion tout au long de l'utilisation. Finalement, leur ressenti par rapport à l'utilisation du logiciel a été évalué une fois la mise en situation terminée.

Pour chaque type d'utilisateur, les caractéristiques des testeurs sont présentées. Les actions évaluées concernant leur catégorie sont listées. Enfin les résultats tirés de l'évaluation par chaque type d'utilisateur sont présentés.

3.4.1 Patients

Trois personnes ont été consultées pour cette partie de l'évaluation :

- P1 : homme de 85 ans, prenant cinq médicaments et un complément alimentaire par jour ;
- P2 : femme de 85 ans, prenant cinq médicaments et cinq compléments alimentaires par jour ;
- P3 : femme de 83 ans, prenant six médicaments par jour.

Actions évaluées

Les parties suivantes du logiciel ont été évaluées :

- la réaction face au signal de la prise de médicaments ;
- la consultation des prises à venir ;
- le changement de volume et de la sonnerie.

Résultats

Pour la prise de médicaments, tous les patients ont apprécié la simplicité pour prendre leur traitement. Une remarque de P1 et P2 a permis de changer la couleur du bouton de validation de prise du traitement, de la couleur grise à verte, afin d'approuver une validation. Ce changement permet un usage plus intuitif (le vert étant couramment utilisé pour la validation).

La consultation des prises à venir s'est également réalisée facilement mais les personnes ne consulteront pas beaucoup cet aspect d'après leur dire. L'intérêt de cette fonctionnalité n'est pas perçu.

Le changement de volume ainsi que de la sonnerie s'est déroulé sans encombre.

De façon générale, les patients ont éprouvé de la difficulté à lire certains éléments à l'écran (police trop petite), ce qui a été amélioré dans les captures d'écran du prototype.

3.4.2 Proche de confiance

Quatre personnes ont été consultées pour cette partie de l'évaluation :

- C1 : femme de 51 ans ;
- C2 : homme de 26 ans ;
- C3 : femme de 19 ans ;
- C4 : femme de 23 ans.

Actions évaluées

Les parties suivantes du logiciel ont été évaluées :

- la consultation des prises à venir ;
- la consultation de date de changement du rouleau ;
- le changement de volume et de la sonnerie ;
- le changement de rouleau ;
- la sortie de sachets de médicaments pour l'absence du patient ;
- la consultation de l'historique du rouleau.

Résultats

Pour tous les proches, les actions ont été effectuées sans problème. L'interface et la façon de réaliser les actions ont été jugées adaptées et simples.

3.4.3 Aide-soignant

Deux personnes ont été consultées pour cette partie de l'évaluation :

- A1 : femme de 62 ans, médecin ;
- A2 : femme de 34 ans, infirmière.

Actions évaluées

Les parties suivantes du logiciel ont été évaluées

- la consultation des prises à venir ;
- la consultation de date du changement du rouleau ;
- le changement de volume et de la sonnerie ;
- le changement du rouleau ;
- la consultation de l'historique du rouleau ;
- la modification du traitement.

Résultats

Pour la modification du traitement du patient, la formulation de cette action dans le menu n'était pas assez claire et a été modifiée. L'ancienne nomination était "Modification des sachets" et la nouvelle "Modification du traitement". La procédure de modification n'était pas assez explicite, elle comportait un écran où l'utilisateur devait sélectionner le médicament à modifier puis cliquer sur un bouton "Sachet suivant". Cette procédure ne permettait pas non plus d'indiquer la partie (ou la totalité) du médicament retiré, elle a donc été changée. Maintenant, l'utilisateur peut sélectionner le médicament à modifier, puis son nouveau dosage. Par la suite, le logiciel lui propose de lui présenter les sachets un à un.

Pour le reste des actions, aucune incompréhension n'a été détectée et les personnes trouvaient le logiciel accessible.

Observations générales

Les utilisateurs testés pour la partie patient ont soulevé des améliorations visuelles qui ont été mises en place. Il s'agissait d'une bonification intuitive et graphique.

Les proches de confiance sont confortables dans l'utilisation du logiciel pour la partie qui les concerne.

Les personnes du corps médical ont permis de modifier un libellé et une procédure afin de les rendre plus limpides et efficaces.

Cette évaluation était de type formative et qualitative, et nous a permis de récolter des données sur la forme du design.

Pour aller plus loin, un panel plus élargi d'utilisateurs pourrait être testé. Dans notre évaluation, nous n'avons testé que des personnes âgées mais pas de patients polymédiqués plus jeunes. Nous pourrions également évaluer des proches de confiance plus âgés, comme dans le cas d'un voisin à peine plus jeune que le patient. Une évaluation de type quantitative pourrait également être réalisée, elle apporterait plus de données sur l'utilisation du logiciel, et un degré de qualité pourrait être attribué aux différentes parties du prototype. Nous pourrions aussi en déduire les améliorations de l'expérience utilisateur à faire.

3.5 Discussion

Pour réaliser ce prototype, plusieurs choix ont été effectués qui seront expliqués dans les sous-sections suivantes.

3.5.1 Langage

Etant donné que ce travail a pour but de concevoir un logiciel, le choix s’est porté sur le langage de programmation JAVA [31]. Cette technologie est présente à bien des niveaux, que ce soit sur des ordinateurs portables, dans des bureaux d’entreprises et même comme application dans des systèmes embarqués.

Des alternatives existent, comme le langage Python, C, ou même C++. Ceux-ci sont également très utilisés et permettent également de réaliser le logiciel décrit dans ce travail. D’après le classement des meilleurs langages de programmation de 2018 [32], Java se retrouve parmi les langages les plus utilisés.

Pour la construction d’un prototype matériel, nous aurions pu utiliser le langage C avec un Arduino¹. De cette façon nous aurions pu montrer le fonctionnement complet du système (avec des moteurs, etc.) et même réaliser des tests dans des conditions réelles.

3.5.2 Librairie graphique

Pour la construction de l’interface graphique, plusieurs choix étaient possibles. Parmi ceux-ci, nous retrouvons Swing, SWT et JavaFX.

Swing est inclus dans le JDK de Java, et peut être donc utilisé directement. Pour SWT, il a été créé par Eclipse et son déploiement peut être plus difficile parce qu’il est parfois nécessaire d’ajouter des parties natives en fonction de l’OS sur lequel tournera l’application (comme des dll sous Windows).

JavaFX est plus récent que Swing/SWT et est open source, il a été choisi pour ce projet.

3.5.3 Représentation des données

Etant donné la capacité de stockage d’une puce RFID/NFC, les données qu’elle contient doivent être minimisées. C’est pourquoi il a été choisi de stocker les données dans le format JSON, en évitant au maximum les répétitions.

1. Des outils de prototypage électronique open source

D'autres alternatives existent comme le XML ou bien SQLite mais ils n'ont pas été retenus à cause de leur trop grande taille par rapport à l'espace disponible.

Un exemple de représentation se trouve ci-dessous :

```
{
  "contents": [
    {
      "id" : 0,
      "n" : "Paracetamol 500mg",
      "q" : 2
    },
    {
      "id" : 1,
      "n" : "Ibuprofen 1g",
      "q" : 1
    },
    {
      "id" : 2,
      "n" : "Abracadabra 250mg",
      "q" : 3
    }
  ],
  "comments": [
    {
      "id" : 0,
      "c" : "Sirop stodal"
    }
  ],
  "prises": [
    {
      "time" : "201804021234",
      "content" : [0,1],
      "comment" : [0],
      "taken" : null
    }
  ]
}
```

3.5.4 Matériel

Pour la réalisation de ce prototype, un lecteur de puce RFID Phidgets a été utilisé pour simuler le placement d'un rouleau de médicaments dans l'appareil. Il existe d'autres lecteurs de puce RFID ou NFC sur le marché. L'avantage des Phidgets est qu'ils sont accompagnés d'une API, permettant de les utiliser avec les programmes que l'on développe.

3.5.5 Stockage des données

Pour ce prototype, le stockage des données est simulé grâce au lecteur Phidgets. Dans le cas d'un prototype physique réel, il conviendrait d'utiliser des puces NFC qui permettraient de stocker sur celles-ci les informations de distribution. Le pilulier inscrivant l'observance du patient sur la puce, ces données sont facilement transmissibles au pharmacien.

3.5.6 Ecran

Pour l'interface, un écran tactile a été choisi. Cela permet de limiter le nombre de boutons physiques présents sur l'appareil et permet de mettre à jour la disposition des éléments au fur et à mesure du temps et des nouveaux objectifs de l'appareil.

L'orientation d'écran en un rectangle vertical a été choisie pour être la plus familière possible avec les patients qui utiliseraient ou non un smartphone. La disposition des éléments essaye de ne pas contenir trop d'information par écran, de garder des procédures simples et d'avoir le tout en une taille suffisamment grande pour éviter les éléments illisibles.

3.5.7 Configuration date et heure

Dans la création de ce prototype, le choix a été fait de ne pas laisser la possibilité à l'utilisateur de régler la date et l'heure, cela pourrait en cas de mauvaise configuration (involontaire, dans le cas d'une panne de courant par exemple) être plus néfaste que bénéfique pour les patients. Elle est basée sur paramètres de l'ordinateur sur lequel notre prototype tourne. Dans le cas d'un prototype plus poussé ou de la mise en production de notre appareil, l'utilisation d'une Real Time Clock (RTC) serait recommandée. Il y a des bénéfices comme la consommation d'énergie très basse et la synchronisation automatique par onde radio.

3.5.8 Perspectives et travaux futurs

Si le développement d'un logiciel est essentiel dans la mise en place d'un appareil de distribution automatisée de leurs traitements aux patients, certains aspects peuvent encore être améliorés.

Afin de mettre en place ce logiciel, l'appareil doit également être développé. Un appareil (Medido [26, 27]) distribuant également des sachets PMI existe déjà aux Pays-Bas mais n'est pas adapté au fonctionnement et au marché en Belgique d'après les acteurs de la filière. L'autre appareil existant dans notre pays est le

pilulier Vitatel [25] mais il ne permet pas la distribution des médicaments sous forme de sachets PMI.

Un premier prototype matériel pourrait être mis en place avec un Arduino pilotant les différents composants (moteurs, etc.) et relié au logiciel. Cela permettrait de réaliser des évaluations d'utilisation réelle à plus grande échelle.

Pour permettre un meilleur suivi du patient, un système pourrait être créé à disposition du pharmacien afin de lire le contenu de la puce retournée. Celle-ci contient des informations comme l'observance du patient. Une plateforme commune avec les médecins pourrait faciliter la communication et le suivi au sein du corps médical. Cela pourrait aller jusqu'à l'inscription de ces informations dans le Dossier Médical Global (DMG) du patient, offrant de cette façon tous les outils pour prescrire le traitement du patient de façon plus efficace et appropriée.

Une version connectée de ce logiciel pourrait également voir le jour, permettant un suivi instantané du patient ainsi que de l'interactivité avec celui-ci, via par exemple de la synthèse vocale et des questionnaires.

Une évaluation quantitative pourrait amener plus de données sur l'utilisation du logiciel et un degré de qualité pourrait être attribué aux différentes parties du prototype. Ces tests pourraient avoir lieu avec plus d'utilisateurs dont notamment des patients polymédiqués de tout âge, des proches de confiance plus âgés (dans le cas d'un voisin, d'un ami ou encore d'un parent du patient), et des aide-soignants de tout âge.

Chapitre 4

Conclusion

Home Based, désireuse de mettre en place un pilulier interactif à destination des patients particuliers (hors institution), a sollicité la création d'un logiciel permettant de piloter un pilulier interactif, encore inexistant sur le marché belge. Celui-ci permet la distribution de médicaments au patient sous forme de prescriptions médicales individualisées en sachets.

La disponibilité d'un tel outil permettrait la réduction des erreurs lors de la prise de médicaments, une meilleure observance du traitement, un meilleur suivi du patient et une facilité tant pour le patient que pour son entourage.

Toute la partie production et acheminement du processus est bien rodée, mais il manque un appareil et son logiciel pour en assurer la distribution auprès du particulier. Ce travail tente d'apporter un logiciel capable de piloter la distribution de médicaments. Ses caractéristiques sont entre autres la facilité de configuration de l'appareil et du traitement, la délivrance sécurisée du traitement, la gestion de l'absence du patient et la modification de la médication.

Cette réalisation a permis d'identifier les différents acteurs d'un tel pilulier ainsi que leur rôle. Puis, la construction d'une première ébauche de l'interface a été testée avec les parties prenantes du projet. Ensuite un prototype a été construit sur base de l'ébauche précédente et des remarques récoltées. Après, une évaluation formative et qualitative a été réalisée en face à face avec un réel public (patients polymédiqués, proches de confiance, personnes du corps médical) permettant d'améliorer le prototype.

Dans le but d'obtenir un appareil commercialisable, différentes étapes sont encore à accomplir. Un prototype matériel (relié au logiciel) pourrait être construit (avec un Arduino par exemple), pilotant les différents éléments (moteurs, lecteur de puce, etc.). Des évaluations à plus grande échelle (avec des utilisateurs de tout âge), de type quantitative pourraient retourner plus d'informations et d'indications sur la qualité du prototype et permettre des améliorations. Un système (communiquant avec les médecins) pourrait être mis en place du côté des phar-

macies pour récupérer la puce sur laquelle le logiciel inscrit les informations de prise de traitement du patient, permettant un meilleur suivi et traitement. Une version connectée de ce logiciel permettrait le suivi instantané du patient, et d'ajouter des fonctionnalités comme la synthèse vocale.

Bibliographie

- [1] B. Dumas, “Human Machine Interaction,” 2017.
- [2] J. K. Zao, M. Y. Wang, P. Tsai, and J. W. Liu, “Smart phone based medicine in-take scheduler, reminder and monitor,” *12th IEEE International Conference on e-Health Networking, Application and Services, Healthcom 2010*, 2010.
- [3] V. K.-B. e. P. LECHEVALIER, “Les codes 2D.” <http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/memoire/2012/codes-2D.htm>, 2011. [En ligne; consulté le 04/05/2019].
- [4] T. Jin Soon, “QR Code,” *Synthesis journal*, 2008.
- [5] T. Martin, “Le b.a.-ba de la RFID,” pp. 1–16, 2014.
- [6] Radiocommunication Sector of ITU, “Technical characteristics, standards, and frequency bands of operation for radio-frequency identification (RFID) and potential harmonization opportunities,” vol. 0, pp. 2–10, 2012.
- [7] B. Dumas, “2 – Internet of Things Architecture Concepts,”
- [8] V. Canuel, Y. Lemin, and C. Parola, “Parlons enfin du NFC.” <https://blog.octo.com/parlons-enfin-du-nfc/>, 2013. [En ligne; consulté le 20/07/19].
- [9] S. Belrepayre, “La RFID et le protocole Modbus.” http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2012/RFID_Modbus/RFID/histoire.html. [En ligne; consulté le 21/07/2019].
- [10] INAMI, “Polymédication chez les personnes âgées,” *Infospot*, 2014.
- [11] “La polymédication : qu’en est-il?.” <http://www.espace-seniors.be/Sante/Information-sante/Pages/polymedication-seniors.aspx>. [En ligne; consulté le 15/08/2019].
- [12] “Polymédication.” https://www.ssmg.be/avada_portfolio/polymedication/. [En ligne; consulté le 15/08/19].
- [13] V. Pire, A. Fournier, D. Schoevaerds, A. Spinewine, and C. Swine, “Polymédication chez la personne âgée,” 2009.
- [14] F. Megerlin, “Vers le management pharmaceutique des traitements préparés en pilulier,” *SDM - Dispositifs médicaux*, pp. 239–258, 2009.
- [15] B. M. Silva, I. M. Lopes, M. B. Marques, J. J. Rodrigues, and M. L. Proença, “A mobile health application for outpatients medication management,” *IEEE International Conference on Communications*, pp. 4389–4393, 2013.

- [16] H. B. Mohammed, D. Ibrahim, and N. Cavus, "Mobile device based smart medication reminder for older people with disabilities," *Quality and Quantity*, vol. 52, pp. 1329–1342, 2018.
- [17] L. Quillion-Dupré, E. Monfort, and V. Rialle, "Understanding how older people use new information and communication technology," *NPG Neurologie - Psychiatrie - Geriatrie*, vol. 16, no. 96, pp. 305–312, 2016.
- [18] N. M. Ali and H. M. Mohadis, "A Study of Smartphone Usage and Barriers Among the Elderly," pp. 109–114, 2014.
- [19] M. Boulanger, P. J. Snyder, and H. Cohen, "Ralentissement cognitif dans le vieillissement : fonctions exécutives et apprentissage procédural lors d'une tâche informatisée de labyrinthe," *Annales Medico-Psychologiques*, vol. 164, no. 6, pp. 463–469, 2006.
- [20] H. Hwangbo, S. H. Yoon, B. S. Jin, Y. S. Han, and Y. G. Ji, "A Study of Pointing Performance of Elderly Users on Smartphones," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 29, no. 9, pp. 604–618, 2013.
- [21] P. H. Tsai, C. Y. Yu, M. Y. Wang, J. K. Zao, H. C. Yeh, C. S. Shih, and J. W. Liu, "iMAT : Intelligent medication administration tools," *12th IEEE International Conference on e-Health Networking, Application and Services, Healthcom 2010*, 2010.
- [22] P. H. Tsai, T. Y. Chen, C. R. Yu, C. S. Shih, and J. W. Liu, "Smart medication dispenser : Design, architecture and implementation," *IEEE Systems Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 99–110, 2011.
- [23] L. Boquete, J. M. Rodriguez-Ascariz, I. Artacho, J. Cantos-Frontela, and N. Peixoto, "Dynamically programmable electronic pill dispenser system," *Journal of Medical Systems*, vol. 34, no. 3, pp. 357–366, 2010.
- [24] S. Zhornitsky, J. Sablier, E. Stip, C. Tranulis, P. D. Vincent, and C. Guevremont, "A randomized controlled trial with a Canadian electronic pill dispenser used to measure and improve medication adherence in patients with schizophrenia," *Frontiers in Pharmacology*, vol. 4, no. August, pp. 1–6, 2013.
- [25] "Pilulier Vitatel." <https://www.vitatel.be/fr/pilulier>. [En ligne; consulté le 06/05/19].
- [26] S. Allemann, I. Arnet, and K. Hersberger, "Patient views on an electronic dispensing device for prepackaged polypharmacy : a qualitative assessment in an ambulatory setting," *Integrated Pharmacy Research and Practice*, p. 167, 2015.
- [27] J. Strasser, K. M. Dursteler, I. Arnet, K. E. Hersberger, S. S. Allemann, and M. Vogel, "Novel Medication Supply Model Guarantees Adequate Management and High Adherence to Polypharmacy in Older Opioid Users – Preliminary Results with Outpatients," *Journal of Aging Science*, vol. 05, no. 01, pp. 1–7, 2017.
- [28] A. M. Marks, "MEDIBOX – IoT Enabled Patient Assisting Device," pp. 213–218, 2016.
- [29] A. Kassem, W. Antoun, M. Hamad, and C. El-mou Cary, "A Comprehensive Approach for A Smart Medication Dispenser," vol. 2, no. 2, 2019.

- [30] “ShopNFC.” <https://www.shopnfc.com/fr/cartes-nfc-en-pvc/280-361-cartes-nfc-en-pvc-nxp-mifare-desfire-ev2-2k4k8k.html>. [En ligne; consulté le 16/08/19].
- [31] “S’informer sur la technologie Java.” <https://www.java.com/fr/about/>. [En ligne; consulté le 12/08/19].
- [32] “Interactive : The Top Programming Languages 2018.” https://spectrum.ieee.org/ns/IEEE_TPL_2018/index/2018/1/1/1/1/1/50/1/50/1/50/1/30/1/30/1/30/1/20/1/20/1/5/1/5/1/20/1/100/. [En ligne; consulté le 14/08/19].